



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Química e Ingeniería Química

Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

**Efecto de la adición de extractos carotenoides
obtenidos de las cáscaras de cocona (*Solanum
sessiliflorum*) y tumbo serrano (*Passiflora tripartita var.
mollissima*) sobre las propiedades y la estabilidad de
color en helados de crema**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

AUTOR

Flavio Edsón SARMIENTO ACHULLI

ASESOR

Dra. María Rosario CALIXTO COTOS

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Sarmiento, F. (2023). *Efecto de la adición de extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona (*Solanum sessiliflorum*) y tumbo serrano (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*) sobre las propiedades y la estabilidad de color en helados de crema*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Flavio Edsón Sarmiento Achulli
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	76277746
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-5214-5146
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	María Rosario Calixto Cotos
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	10710049
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-7735-278X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Juan Edmundo Estrada Alarcón
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06810008
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Fernando Suca Apaza
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40375320
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	María Rosario Calixto Cotos
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10710049
Datos de investigación	

Línea de investigación	Diseño de Productos Alimentarios
Grupo de investigación	No Aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Instituto de investigación y desarrollo de bioquímica y nutrición (UNMSM) Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Av. Grau 755, Lima, Lima Region 15001 Latitud: -12.057778° Longitud: -77.023056°
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2023
URL de disciplinas OCDE	Bioquímica http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.03 Ingeniería de materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.00 Ingeniería de procesos http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.04.02

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú. DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
Central Telefónica: 619-7000

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los suscritos miembros del Jurado Calificador nombrados por el señor Presidente del Comité Ejecutivo del "Programa Ciclo Taller de Titulación Profesional por la Modalidad de Tesis y Trabajo de Suficiencia Profesional para la Facultad de Química e Ingeniería Química 2023", bajo la Presidencia del **Mg. JUAN EDMUNDO ESTRADA ALARCÓN**; **Dr. FERNANDO SUCA APAZA** (Miembro) y la **Dra. MARÍA ROSARIO CALIXTO COTOS** (Asesora); habiendo presentado para tal efecto la **TESIS**, titulada "**Efecto de la adición de extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona (*Solanum sessiliflorum*) y tumbo serrano (*Passiflora tripartita var. mollissima*) sobre las propiedades y la estabilidad de color en helados de crema**" después de **SUSTENTADA Y APROBADA** la tesis elaborado por el bachiller en Ingeniería Agroindustrial: **FLAVIO EDSÓN SARMIENTO ACHULLI**; para optar el **TÍTULO PROFESIONAL de INGENIERO AGROINDUSTRIAL**, acordaron calificarlo con la **NOTA** de:


Veinte

20

(LETRAS)

(NÚMEROS)

Ciudad Universitaria, 16 de diciembre del 2023.


Mg. JUAN EDMUNDO ESTRADA ALARCÓN
Presidente


Dr. FERNANDO SUCA APAZA
Miembro


Dra. MARÍA ROSARIO CALIXTO COTOS
Asesora


Dr. EDGAR ORLANDO NAGLES VIDAL
Director de la E.P. de Ingeniería Agroindustrial





Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado



CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo María Rosario Calixto Cotos en mi condición de asesora acreditado con la Resolución Decanal N° 000025-2024-D-FQIQ/UNMSM de la tesis, cuyo título es **"Efecto de la adición de extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona (*Solanum sessiliflorum*) y tumbo serrano (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*) sobre las propiedades y la estabilidad de color en helados de crema"**, presentado por el bachiller en Ingeniería Agroindustrial **Flavio Edsón Sarmiento Achulli** optar el título Profesional de Ingeniera Agroindustrial CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de **8%** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención el título correspondiente.

Firma del Asesor

DNI: 10710049

María Rosario Calixto Cotos
Asesora



Huella digital

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Pedro Sarmiento Naveros y Antonia Achulli Vega, quienes confiaron y me apoyaron desde el primer día, todo esto es gracias a ustedes, por creer siempre en mí.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios, por darme buena salud y hermosa vida personal y profesional.

A mi hermano, Pedro Sarmiento Achulli por ser un gran hermano y compañero

A mis tíos Teofilo, Beltran, Hector, Miguel, Arnold, Gregorio, María, Laura, Lucy, Isabel, por confiar siempre en mí y apoyarme durante mi etapa en la universidad.

A mi primo Roger por apoyarme laboralmente cuando más lo necesitaba.

A mi pareja Amira Mori por confiar en mí y ayudarme en las adversidades.

A mi asesora Dra. María Rosario Calixto Cotos por su excelente orientación, apoyo, conocimiento y estar conmigo en todo el proceso de tesis

A la empresa Papeles Industriales y Comerciales SAC, en especial al gerente general Sr Ronald Serna por brindarme el apoyo y los permisos para avanzar en mi investigación

A los ingenieros Emerson Panoca y César Manuelo por ser grandes compañeros de trabajo y cubrir mis funciones cuando no me presentaba laboralmente por el proyecto de tesis.

Al Sr Rolando Gamarra del instituto por ayudarme en la utilización de equipos y por tenerme paciencia.

Al licenciado Luis Salcedo por ser una gran maestro y guía, por brindarme el apoyo y siempre motivarme a no rendirme

Al Instituto de Bioquímica y Nutrición de la UNMSM por brindarme las instalaciones para realizar la ejecución del presente estudio.

A mis mejores amigos Yen Sanchez y Anthony Alcarraz por ser los mejores y siempre apoyarme en mi etapa profesional.

A mis colegas Ada Rojas y Joselyn Calero por tomarse el tiempo de enseñarme y ayudarme en la elaboración de los helados.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	4
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Introducción	13
1.2. Planteamiento del problema	14
1.2.1. Determinación del problema	14
1.2.2. Formulaciòn del problema	16
1.2.2.1. Problema principal	16
1.2.2.2. Problemas específicos	17
1.3. Justificación	17
1.4. Objetivos	18
1.4.1. Objetivo general	18
1.4.2. Objetivos específicos	18
1.5. Contribución e impacto	19
1.6. Limitaciones de la investigación	19
II. ANTECEDENTES	20
2.1. Antecedentes del estudio	20
2.1.1. Internacionales	20
2.1.2. Nacionales	23
III. MARCO TEÓRICO	25
3.1. Bases teóricas	25
3.1.1. Cocona	25
3.2.2. Tumbo serrano	27
3.2.3. Cáscaras	29
3.2.4. Colorante natural	30
3.2.5. Carotenoides	33
3.2.6. Betacarotenos	35
3.2.7. Helados de crema	40
3.2.8. Color	41
IV. HIPÓTESIS Y VARIABLES	47
4.1. Hipótesis	47
4.1.1. Hipótesis general	47
4.1.2. Hipótesis Específicas	47
4.2. Variables	47
4.2.1. Variable Independiente	47
4.2.2. Variable dependiente	48
4.3. Operacionalización de variables	48
V. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	49
5.1. Tipo y diseño de investigación	49

5.1.1. Tipo de investigación	49
5.1.2. Diseño de investigación	49
5.2. Lugar y tiempo	49
5.3. Materiales	49
5.4. Etapas de la investigación	51
5.5. Metodología	53
5.5.1. Obtención de extractos de carotenoides a partir de las cáscaras de cocona y tumbo serrano.	53
a. Obtención del polvo de las cáscaras de cocona y tumbo serrano	53
b. Obtención de extractos carotenoides de cáscaras de cocona y tumbo serrano	54
5.5.2. Caracterización de los extractos obtenidos a partir de las cáscaras	57
A. Rendimiento de la obtención de extractos carotenoides	57
B. Grado Brix	57
C. Solubilidad	57
D. Densidad	58
E. Color	58
F. Cuantificación de betacarotenos de extractos de cáscaras de cocona y tumbo serrano por espectrofotometría.	59
5.5.3. Preparación de helados de crema a diferentes concentraciones de extractos carotenoides.	61
a. Proceso de elaboración del helado	61
b. Adición de extractos carotenoides de cocona y tumbo serrano en los helados de crema para determinar las propiedades y estabilidad de color.	63
1.1. Determinar el efecto de la adición de extractos carotenoides de las cáscaras de cocona y tumbo serrano sobre las propiedades de color en helados de crema.	63
1.1.1. Determinar la concentración de extractos carotenoides de cocona y tumbo serrano necesarios para alcanzar las propiedades de color del helado de vainilla comercial.	64
2.1. Determinar el efecto de la adición de extractos carotenoides de las cáscaras de cocona y tumbo serrano sobre la estabilidad de color en helados de crema.	65
2.1.1. Determinar los límites de tolerancia de diferencial de color (ΔE^*) de calidad de helados de crema adicionados extractos carotenoides de cáscaras de cocona y tumbo serrano durante los días 5 y 10.	65
4.6. Análisis estadístico	66
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES	67
5.1. Rendimiento de la extracción de carotenoides.	67
5.2. Caracterización de extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona y tumbo serrano.	68
5.2.1. Grados Brix	68
5.2.2. Solubilidad	69
5.2.3. Densidad	71

5.2.4. Color	72
5.2.5. Cuantificación de carotenoides de extractos de cáscaras de cocona y tumbo serrano por espectrofotometría.	74
5.3. Efecto de la adición de extractos carotenoides de las cáscaras de cocona y tumbo serrano sobre las propiedades de color en helados de crema.	75
5.3.1. La concentración de extractos carotenoides de cocona y tumbo serrano necesario para alcanzar las propiedades de color del helado de vainilla comercial.	84
5.4. Efecto de la adición de extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona y tumbo serrano sobre la estabilidad de color en helados de crema.	88
5.4.1. Límites de tolerancia de diferencial de color (ΔE^*) de calidad de helados de crema adicionados extractos carotenoides de cáscaras de cocona y tumbo serrano.	91
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
VI.1. Conclusiones	94
VI.2. Recomendaciones	95
VIII. BIBLIOGRAFÍA	96
IX. ANEXOS	113

ANEXOS

Anexo 1: Obtención de extractos carotenoides de las cáscaras de cocona y tumbo serrano.	113
Anexo 2: Caracterización de los extractos obtenidos a partir de cáscaras.	115
Anexo 3: Preparación de helados de crema adicionados extractos carotenoides.	116
Anexo 4: Estadística de colorimetría. Efecto de la luminosidad en helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona.	118
Anexo 5: Estadística de colorimetría. Efecto de la coordenada a* en helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona.	119
Anexo 6: Estadística de colorimetría. Efecto de la coordenada b* en helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona.	120
Anexo 7: Estadística de colorimetría. Efecto de la saturación (C*) en helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona.	121
Anexo 8: Estadística de colorimetría. Efecto del tono en helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona.	122
Anexo 9: Estadística de colorimetría. Efecto de la luminosidad en helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano.	123
Anexo 10: Estadística de colorimetría. Efecto de la coordenada a* en helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano.	124
Anexo 11: Estadística de colorimetría. Efecto de la coordenada b* en helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano.	125
Anexo 12: Estadística de colorimetría. Efecto de la saturación en helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano.	126
Anexo 13: Estadística de colorimetría. Efecto del tono en helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano.	127
Anexo 14: Estadística de colorimetría. Determinación de la L* del helado comercial comparado con helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona.	128
Anexo 15: Estadística de colorimetría. Determinación de la coord a* del helado comercial comparado con helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona.	129
Anexo 16: Estadística de colorimetría. Determinación de la coord b* del helado comercial comparado con helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona.	130
Anexo 17: Estadística de colorimetría. Determinación de la L* del helado comercial comparado con helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo.	131
Anexo 18: Estadística de colorimetría. Determinación de la coord a* del helado comercial comparado con helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo.	132
Anexo 19: Estadística de colorimetría. Determinación de la coord b* del helado comercial comparado con helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo.	133
Anexo 20: ΔE^* entre los helados adicionados extractos carotenoides de las cáscaras de cocona y tumbo serrano.	134
Anexo 21: Efecto de la estabilidad de color en helados de crema adicionado diferentes concentraciones de extractos de carotenoides de cáscara de cocona.	136
Anexo 22: Efecto de la estabilidad de color en helados de crema adicionado diferentes concentraciones de extractos de carotenoides de cáscara de tumbo serrano.	138

FIGURAS

Figura 1: Producción, rendimiento y precio del fruto en chacra en cada departamento del Perú del año 2021	26
Figura 2: Producción de tumbo serrano en los departamentos del Perú del año 2021	28
Figura 3: Principales países importadores mundiales de colorantes naturales 2022	30
Figura 4: Principales países exportadores mundiales de colorantes naturales 2022	31
Figura 5: Exportación de colorantes Naturales del Perú (US\$ Miles)	32
Figura 6: Principales empresas peruanas exportadoras de colorantes naturales	33
Figura 7: Principales países que Perú exporta colorantes naturales	33
Figura 8: Estructura química del betacaroteno	34
Figura 9: Estructura química Zeaxantina	35
Figura 10: Métodos de extracción de carotenoides	36
Figura 11: Funcionamiento de la extracción asistida con ultrasonido	37
Figura 12: Coeficientes de extinción molar para la cuantificación de carotenoides	38
Figura 13: Parámetros y características de calidad del helado	40
Figura 14: Colorímetro NH300 Marca 3N-H	42
Figura 15: Espectrofotómetro UV-Visible thermo scientific Genesys 50	43
Figura 16: Espacio de color CIELab	44
Figura 17: Colores definidos por distintos ángulos de tono	45
Figura 18: Etapas de la investigación	52
Figura 19: Obtención de extractos carotenoides de las cáscaras de cocona y tumbo serrano	56
Figura 20: Preparación de helados de crema a diferentes concentraciones de extractos carotenoides.	66
Figura 21: Solubilidad de los extractos carotenoides en agua destilada.	70
Figura 22: Solubilidad de los extractos carotenoides en etanol	70
Figura 23: Solubilidad de los extractos carotenoides en aceite	71
Figura 24: Adición de extractos carotenoides de cáscara de cocona y tumbo serrano en helados de crema.	77
Figura 25: Efecto de la adición de extractos carotenoides en la luminosidad de helados de crema	78
Figura 26: Efecto de la adición de extractos carotenoides en la coordenada a* de helados de crema.	80
Figura 27: Efecto de la adición de extractos carotenoides en la coordenada b* de helados de crema.	80
Figura 28: Efecto de la adición de extractos carotenoides en la saturación (C*) de helados de crema.	82
Figura 29: Efecto de la adición de extractos carotenoides en el tono (h°*) de helados de crema.	83
Figura 30: Muestras del helado comercial y helado de vainilla con 0.3% de extracto carotenoides de cáscara de cocona.	87
Figura 31: Muestras del helado comercial y helado de vainilla con 0.1% de extracto carotenoides de cáscara de tumbo serrano.	88
Figura 32: Estabilidad de color del helado con extracto de cocona en los días 5 y 10	91
Figura 33: Estabilidad de color del helado con extracto de tumbo serrano en los días 5 y 10	91

TABLAS

Tabla 1: Descripción botánica de la cocona	25
Tabla 2: Descripción botánica del tumbo serrano	27
Tabla 3: Uso de extractos secos de cáscaras en diversas matrices alimentarias	29
Tabla 4: Características del β -caroteno	35
Tabla 5: Contenido de betacarotenos en diversas cáscaras	39
Tabla 6: Propiedades de color	44
Tabla 7: Operacionalización de las variables independientes y dependientes	48
Tabla 8: Condiciones del proceso de extracción de extractos carotenoides de las cáscaras de cocona y tumbo serrano.	55
Tabla 9: Análisis de solubilidad de los extractos carotenoides	58
Tabla 10: Condiciones del proceso de cuantificación de betacarotenos de extractos carotenoides de las cáscaras de cocona y tumbo serrano por espectrofotometría.	60
Tabla 11: Adición de extractos carotenoides de la cáscara de cocona en helados de crema.	62
Tabla 12: Adición de extractos carotenoides de la cáscara de tumbo serrano en helados de crema.	62
Tabla 13: Rendimientos de cáscaras y extractos de la cocona y tumbo serrano	67
Tabla 14: Grados Brix de los extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona y tumbo serrano	69
Tabla 15: Solubilidad de los extractos carotenoides en diversos solventes	69
Tabla 16: Densidad de los extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona y tumbo serrano	72
Tabla 17: Color de los extractos carotenoides de cáscaras de cocona y tumbo serrano	73
Tabla 18: Equivalente de betacarotenos de extractos carotenoides de cáscara de cocona y tumbo serrano	74
Tabla 19: Análisis colorimétrico de la muestra de helado de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona.	76
Tabla 20: Análisis colorimétrico de la muestra de helado de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano.	76
Tabla 21: Análisis colorimétrico de la muestra de helado de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona y una muestra de helado comercial de vainilla	84
Tabla 22: Análisis colorimétrico de la muestra de helado de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano y una muestra de helado comercial de vainilla	85
Tabla 23: Diferencial de color de las muestras de helados de extracto carotenoide de cáscara de cocona y un helado de vainilla comercial	85
Tabla 24: Diferencial de color de las muestras de helados de extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano y un helado de vainilla comercial	86
Tabla 25: Diferencial de color de la muestra de helado de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona	89
Tabla 26: Diferencial de color de la muestra de helado de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano	89
Tabla 27: Determinación de los límites de tolerancia de diferencial de color (ΔE^*) de calidad de helados de crema adicionados extractos carotenoides de cáscaras de cocona	92
Tabla 28: Determinación de los límites de tolerancia de diferencial de color (ΔE^*) de calidad de helados de crema adicionados extractos carotenoides de cáscaras de tumbo serrano	93

LISTA DE ACRÓNIMOS

L^* : Luminosidad

a^* : Coordenada verde (-) y rojo (+)

b^* : Coordenada azul (-) y amarillo (+)

C^* : Saturación

h° : Tono

ΔL^* : Diferencial de luminosidad

Δa^* : Diferencial de coordenada a^*

Δb^* : Diferencial de coordenada b^*

ΔE^* : Diferencial de color

$^{\circ}\text{C}$: Grados centígrados

RPM: Revoluciones por minuto

ρ : Densidad

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la adición de extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona (*Solanum sessiliflorum*) y tumbo serrano (*Passiflora tripartita var. mollisima*) sobre las propiedades y la estabilidad de color en helados de crema. Las cáscaras fueron seleccionadas y secadas a 40 °C para su molienda. Los extractos etanólicos se obtuvieron por maceración, incluyendo el proceso de sonicación y a temperatura ambiente. La unidad experimental fueron dos extractos carotenoides. Luego se realizó la caracterización de los extractos, consistió en evaluar grados brix, densidad, color y cuantificación de betacarotenos. Los helados de vainilla fueron preparados en el laboratorio y en ello se adicionaron extractos carotenoides de cocona (0.1%, 0.2%, 0.3% y 0.4%) y tumbo serrano (0.02%, 0.06%, 0.1% y 0.2%) para evaluar el efecto sobre las propiedades y estabilidad de color durante 10 días. Los resultados de la caracterización mostraron que los extractos carotenoides de las cáscaras de cocona y tumbo serrano tuvieron, un rendimiento de extracto 6.99 % y 5.03 %, 22.83°Brix y 19.40°Brix, densidad 0.8141 g/mL y 0.8026 g/mL, color $L^*=21.95$; $a^*=1.55$; $b^*=10.81$ y $L^*=20.21$; $a^*=2.53$; $b^*=12.41$, concentración como μg de betacaroteno/g cáscara fueron 10.43 y 30.02 respectivamente. La adición de extractos carotenoides tuvieron efecto sobre las propiedades de color, a mayor concentración de extractos carotenoides disminuye la luminosidad (L^*) y el tono (h°), aumentando las coordenadas a^* , b^* , la saturación (C^*) y sobre la estabilidad se logró determinar que la ΔE^* aumenta el día 5 y 10; cumpliendo los límites según la normatividad. Las conclusiones proporcionan que los extractos presentaron betacarotenos que generaron efectos de color evaluados en el sistema CIElab, así como la L^* fue disminuyendo en función a la adición de extractos. Los extractos pueden ser una alternativa para ser utilizados como colorantes en los helados comerciales. **Palabras claves:** Cáscara de cocona, cáscara de tumbo serrano, extracción de carotenoides, propiedades de color, estabilidad de color en helados.

ABSTRACT

The present investigation aims to evaluate the effect of the addition of carotenoid extracts obtained from cocona (*Solanum sessiliflorum*) and tumbo serrano (*Passiflora tripartita var. mollisima*) shells on the properties and colour stability of cream ice creams. The peels were selected and dried at 40 °C for grinding. Ethanolic extracts were obtained by maceration, including sonication and at room temperature. The experimental unit was two carotenoid extracts. The characterisation of the extracts consisted of evaluating brix degrees, density, colour and quantification of beta-carotene. Vanilla ice creams were prepared in the laboratory and carotenoid extracts of cocona (0.1%, 0.2%, 0.3% and 0.4%) and tumbo serrano (0.02%, 0.06%, 0.1% and 0.2%) were added to evaluate the effect on the properties and colour stability for 10 days. The characterization results showed that the carotenoid extracts of cocona and tumbo serrano shells had, extract yield 7.52 % and 7.13 %, 22.83°Brix and 19.40°Brix, density 0.8141 g/mL and 0.8026 g/mL, colour $L^*=21.95$; $a^*=1.55$; $b^*=10.81$ and $L^*=20.21$; $a^*=2.53$; $b^*=12.41$, concentration as μg beta-carotene/g peel were 10.43 and 30.02 respectively. The addition of carotenoid extracts had an effect on the colour properties, the higher the concentration of carotenoid extracts, the lower the lightness (L^*) and hue (h°), increasing the coordinates a^* , b^* , saturation (C^*) and on the stability it was determined that the ΔE^* increases on day 5 and 10; complying with the limits according to the regulations. The conclusions provide that the extracts presented beta-carotenes that generated colour effects evaluated in the CIElab system, as well as the L^* decreased as a function of the addition of extracts. The extracts can be an alternative to be used as colouring agents in commercial ice creams.

Keywords: Cocona husk, tumbo serrano husk, carotenoid extraction, colour properties, colour stability in ice cream.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

La cocona es una fruta originaria de la región Amazónica, es muy beneficioso para la salud del ser humano, incluido su bajo contenido de azúcar para ayudar a regular los niveles de azúcar en la sangre, alto contenido de fibra para ayudar a aliviar el estreñimiento y rico en vitamina B5, que ayuda al cuerpo a absorber el hierro. Esta fruta se puede consumir fresca, como ensaladas, jugos, mermeladas y néctares. (Dávila, 2020).

El tumbo serrano es un fruto originario de los Andes, aún no se ha elaborado a escala comercial debido al poco conocimiento de sus propiedades y a la ausencia de técnicas de procesamiento que faciliten su utilización industrial. (Huamaní, 2022).

El color es parte fundamental de los alimentos como los helados ya que es lo primero que el consumidor ve. Para que el color tenga buena aceptabilidad en helados debe presentar las siguientes características: color sobrio, tentativo y compatible al sabor. (Eras, 2013).

Es por ello que se pretende obtener extractos carotenoides naturales a partir de cáscaras de cocona y tumbo serrano, como nueva alternativa de colorante natural para su aplicación en helados de crema, la cual busca reemplazar a los colorantes sintéticos cuyo consumo elevado afecta la salud de los consumidores. A partir de ello surgieron muchas investigaciones en la obtención de carotenoides a partir de cáscaras de diversas frutas y verduras, aprovechando los residuos agroindustriales y reduciendo la contaminación ambiental.

El presente trabajo plantea evaluar el efecto de la adición de los extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona y tumbo serrano sobre las propiedades y estabilidad de color en helados de crema, además de determinar la concentración de adición necesarios para alcanzar las propiedades de color del helado de vainilla comercial y cumplan los límites de tolerancia de diferencial de color (ΔE^*) de calidad durante los días 5 y 10.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Determinación del problema

Actualmente, el uso de colorantes alimentarios, independientemente de su procedencia, es motivo de preocupación por su impacto en la salud de los consumidores. Ante este suceso, cuando el alimento tiene un color intenso, la probabilidad que contenga aditivos sintéticos es alta, que pueden suponer un riesgo para la salud pública, ya sea porque el producto se suministra en dosis altas o su consumo frecuente (Hidalgo, 2022).

Según Reynoso, (2014) reporta que en la industria alimentaria se presenta una alta demanda de colorante donde predomina el de origen sintético. Castillo, (2006) manifiesta que los países más industrializados tienen leyes que restringen o incluso prohíben el uso de diversos colorantes químicos sintéticos para alimentos debido a su alta toxicidad.

En la industria alimentaria usan la tartrazina como colorantes para alimentos como mantequilla, queso, helados las cuales deben especificarse en el alimento ya que mayormente el consumidor tiene una sensibilidad a este colorante. (Cristales, 2009).

Coaquira (2018) reportó proyecto de ley 165 - 2011 (Perú): en la cual prohíbe el uso de esta sustancia en productos alimenticios sin embargo la ley se modificó y solo se utiliza el etiquetado para indicar si un producto tiene tartrazina. Actualmente, muy pocos productos mencionan el contenido real de aditivos como la tartrazina en sus etiquetas. La tartrazina es el colorante más sospechoso por alergenicidad y dejar residuos cancerígenos.

Ante este hecho, es importante evaluar qué nuevas sustancias pueden actuar como colorantes naturales estables. El betacaroteno aparece entonces como una interesante alternativa por su poder pigmentario y beneficios funcionales como antioxidante y al mismo tiempo es un producto natural. (Restrepo et al., 2006).

La industria alimentaria genera gran cantidad de subproductos como las cáscaras, que son desechadas y las cuales contaminan el medio ambiente a pesar, que contienen

compuestos funcionales, según el informe de Guerrero (2019), manifiesta que las cáscaras de diversos frutos exóticos tropicales se encontraron compuestos bioactivos entre los principales taninos hidrolizables, taninos condensados, flavonoides, tocoferoles y carotenoides, las cuales presentan una actividad antioxidante muy beneficiosa para la salud y previene enfermedades. (Guerrero, 2019).

La cocona (*Solanum sessiliflorum*) es una fruta exótica de la Amazonía peruana, muy demandada y aceptada por la población rural, utilizándolo en diversos guisos, en combinación con refrescos, ajíes, néctares, mermeladas o como fruta deshidratada. (Gutarra et al., 2020).

La cáscara de la cocona gigante es de color amarillo, su cáscara es lisa y representa el 9.68% de su peso total (Dávila, 2020), este subproducto es desechado mayormente por la industrias alimentarias de pulpa sin ser aprovechada. En ese sentido no existe una tecnología en la cual se obtenga un colorante natural y pueda ser usado en las diferentes matrices alimentarias.

El tumbo serrano (*Passiflora tripartita var. mollissima*) es un fruto estacional de la sierra peruana la cual no es industrializado en el país. Se consume directamente y a veces en forma de mermelada casera, como fruta, tiene poco valor económico de mercado a pesar de su alto contenido en vitamina C. (León y Riveros, 2014).

La producción de tumbo serrano es destinada a los mercados locales y para el autoconsumo. Los residuos que genera el fruto no se aprovechan. Muchas especies del mismo género, su cáscara es estudiada por su capacidad antioxidante, contenido de pectina, fibra y actividad antibacteriana, la cual tiene potencial uso como aditivo antioxidante y sustrato enzimático. (Rojas et al., 2021).

Actualmente se registran referencias de extracción de betacarotenos de pulpas como tomates y pimientos (Aguilar, 2020), hay poca información de obtención de carotenoides en

cáscaras como naranja (Rincón et al., 2005) sin embargo, no hay estudios que reporten obtención de carotenoides de las cáscaras como de cocona y tumbo serrano para su aplicación en helados.

El consumo de helados se eleva anualmente, su oferta crece y son muy consumidas por niños y jóvenes. (Panaifo y Torrejón, 2017). En Perú consumía aproximadamente 1.8 litros per cápita por año antes de la pandemia, en el 2023 el consumo es 2 litros al año, su consumo es masivo en las épocas de verano debido a que ayuda a perdurar la hidratación que el cuerpo necesita. (Agencia Agraria de Noticias, 2023).

Según Eras (2013), indica que el consumidor “come con los ojos” siendo el color la característica más importante del helado; el cual debe ser intenso, homogéneo y relativo al sabor.

Por lo tanto, existe la necesidad de aprovechar los residuos de cáscaras de cocona y tumbo serrano para obtener extractos carotenoides y evaluar su efecto sobre las propiedades y la estabilidad de color en helados de crema.

1.2.2. Formulación del problema

1.2.2.1. Problema principal

¿Cuál es el efecto de la adición de extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona (*Solanum sessiliflorum*) y tumbo serrano (*Passiflora tripartita var. mollisima*) sobre las propiedades y la estabilidad de color en helados de crema?

1.2.2.2. Problemas específicos

- i. ¿Cuál es el efecto de la adición de la concentración de extracto carotenoide obtenido de la cáscara de cocona en la luminosidad, coordenadas cromáticas, tono y saturación en helados de crema?

- ii. ¿Cuál es el efecto de la adición de la concentración de extracto carotenoide obtenido de la cáscara de tumbo serrano en la luminosidad, coordenadas cromáticas, tono y saturación en helados de crema?
- iii. ¿Cuál es el efecto de la adición de la concentración de extracto carotenoide obtenido de la cáscara de cocona en la estabilidad de color en helados de crema?
- iv. ¿Cuál es el efecto de la adición de la concentración de extracto carotenoide obtenido de la cáscara de tumbo serrano en la estabilidad de color en helados de crema?

1.3. Justificación

La investigación brinda una opción para el aprovechamiento de los residuos agroindustriales como son las cáscaras de la cocona (*Solanum sessiliflorum*) y tumbo serrano (*Passiflora tripartita var. mollisima*) en la obtención de extractos carotenoides y su aplicación en matrices alimentarias, como por ejemplo los helados de crema, debido a que las grandes industrias utilizan generalmente colorantes sintéticos, provocando adversidad a la salud del consumidor.

Además la presente investigación aporta lo siguiente. Transferir la tecnología de obtención desde la materia prima hasta la obtención del colorante de las cáscaras de cocona y tumbo serrano mediante la utilización de un solvente verde como etanol y un proceso de sonicado para la obtención de mayor contenido de carotenoides. La caracterización de los extractos obtenidos servirá de apoyo para trabajos futuros en cuanto su aprovechamiento agroindustrial y puedan replicar en otras frutas. Impulsando una mayor demanda de materia prima, fomentando el desarrollo económico de los agricultores que cultivan estos frutos.

Los residuos que generan durante el procesamiento industrial de la pulpa de frutas como la cocona (*Solanum sessiliflorum*) y tumbo serrano (*Passiflora tripartita var. mollisima*) contienen componentes bioactivos con gran potencial económico la cual mediante un proceso óptimo se puede obtener colorantes naturales la cual traería beneficios

económicos a la industria alimentaria debido a que le dan un valor agregado a su residuos y no lo desechan.

Es por ello que se pretende utilizar los extractos carotenoides para la adición en helados de crema evaluando su efecto en sus propiedades y estabilidad de color, con proyección a utilizarse como colorante a nivel industrial reemplazando a los colorantes sintéticos. A medida que el gobierno dé más importancia al uso de colorantes naturales, en un futuro se usará en las diferentes industrias alimentarias como lácteos, cárnes y fideos, reduciendo así el uso de colorantes sintéticos que son adversos a la salud.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la adición de extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona (*Solanum sessiliflorum*) y tumbo serrano (*Passiflora tripartita var. mollisima*) sobre las propiedades y la estabilidad de color en helados de crema.

1.4.2. Objetivos específicos

- i. Determinar el efecto de la adición de la concentración de extracto carotenoide obtenido de la cáscara de cocona en la luminosidad, coordenadas cromáticas, tono y saturación en helados de crema.
- ii. Determinar el efecto de la adición de la concentración de extracto carotenoide obtenido de la cáscara de tumbo serrano en la luminosidad, coordenadas cromáticas, tono y saturación en helados de crema.
- iii. Examinar el efecto de la adición de la concentración de extracto carotenoide obtenido de la cáscara de cocona en la estabilidad de color en helados de crema.
- iv. Examinar el efecto de la adición de la concentración de extracto carotenoide obtenido de la cáscara de tumbo serrano en la estabilidad de color en helados de crema.

1.5. Contribución e impacto

Al darle un valor agregado a las cáscaras se evitará desecharlas, y contribuirá a disminuir la contaminación del medio ambiente y así beneficiar a los agricultores de estos frutos generando mayor demanda e ingresos económicos.

1.6. Limitaciones de la investigación

- i. Tiempo de estabilidad de color de los extractos: se requirió un lapso de 10 días.
- ii. Estado de maduración de los frutos: se utilizaron frutos pintones para el estudio.
- iii. Se utilizó un tipo de solvente de extracción de etanol absoluto.
- iv. Se utilizó una potencia de ultrasonido de 40 KHz.
- v. Las propiedades de color se evaluaron por el sistema CIELab

II. ANTECEDENTES

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Internacionales

Sangoquisa (2023), investigó la obtención de colorante natural a partir de la cáscara de pitahaya roja aplicado en yogur, las cáscaras fueron colocadas en bandeja y secó a 40 °C por 8 horas utilizando etanol al 60 % como solvente. Preparó yogurt con diferentes concentraciones del colorante (0, 2, 4 y 6 %). El autor concluye que el tratamiento de 6 % obtuvo una mejor aceptación sensorial y mejor coloración del producto.

Castro y Mendoza (2021), realizaron un estudio sobre la evaluación de la obtención de colorante natural a partir del hollejo de uva (*Vitis vinifera* ‘cabernet sauvignon’) y la cáscara de mandarina (*Citrus reticulata*) para la aplicación en la industria alimentaria. Tomaron 20 g de ambas materias primas y se situaron en una bandeja, llevaron a una mufla a 40 °C durante 24 horas. Trituraron las muestras y extrajeron el colorante por el método de soxhlet. Utilizaron valores de relación 20:1 (V/P). Utilizaron 10 g de materia seca y adicionaron 200 mL de etanol al 96 % para la primera extracción durante 4 horas. Purificaron el extracto líquido en un rotaevaporador a 70°C. Obtuvieron un rendimiento de 72.52 % para la cáscara de mandarina y 61.57 % para el hollejo de uva. La cáscara de mandarina presentó una absorbancia máxima de 1.139 y 1139 ug b-caroteno/100 g, una densidad de 0.8615 g/mL, soluble en agua y pH de 5.79.

Aguilar (2020), efectuó un estudio sobre la obtención de carotenoides del pimentón (*Capsicum annuum L*) y su uso como colorante natural en salchichas tipo coctel. Cortó trozos pequeños de pimentón y homogeneizó con etanol por 1 - 2 minutos en un procesador de cuchillas, luego lo filtró. Luego se llevó a un rotavapor a 70 °C durante 45 minutos. Luego lo utilizó para la elaboración de salchichas a diferentes porcentajes (0.2, 0.4 y 0.6 %). El autor concluye que el tratamiento con 0.4 % de colorante natural presentó mejores propiedades de

color $L^*=48.15$, $a^*=46.56$, $b^*=18.66$, $h^\circ=0.43$ y $C^*=49.22$ logrando asemejar al color de salchicha de valor comercial.

Coba, Mariuxi, Valverde y Salazar (2019), realizaron la obtención del colorante natural de tuna (*Opuntia ficus-indica*). Las cáscaras fueron secadas a 60 °C por 12 horas la cual obtuvieron el colorante por el método de extracción con solventes etanol al 96 %. Luego analizaron sus propiedades fisicoquímicas. El rendimiento que obtuvieron fue de 51.21 % de colorante con un pH de 6.10, 0.99 de densidad y sólidos totales 7.73 %.

Mariuxi, Chango, Puente y Dalgo (2019), investigaron la obtención del colorante natural a partir de Mortiño (*Vaccinium myrtillus L.*) para uso alimenticio. Realizaron 3 tipos de secados en bandeja, liofilización y atomización luego extrajeron mediante el método soxhlet en relación 3 - 1 etanol - agua como solvente. El secado por liofilización es el más óptimo y duró 11 horas a 50 °C con un rendimiento de 20.04 % y un 44.65% de colorante extraído. El secado en bandeja necesitó 10 horas a 55 °C con un rendimiento de 17.59 y un 40.52 % de colorante extraído. El secado por atomización requirió 3 horas de secado a 110 °C con un rendimiento de 2.1 % y 5.26 % de colorante extraído. Realizaron el análisis fisicoquímico del colorante obteniendo un pH de 3.24, densidad 0.9645 g/mL y % ST de 7.8239.

Coba, Apolo, Segura y Brito (2019), obtuvieron colorante natural del camote (*Ipomoea batatas*). Utilizaron 50 g de material fresco donde se secó en un secador de bandejas a 45 °C. Extrajeron el colorante mediante método soxhlet utilizando como solvente etanol 90% - ácido cítrico 0.03% (P/V), luego evaporaron a 50 °C obteniendo solo el colorante natural. Realizaron análisis sensorial, solubilidad en agua, pH, densidad. Se obtuvo un rendimiento de 10 % de colorante natural. Concluyeron que presenta solubilidad al agua, presenta un pH de 4.46, 179.18 mg/L concentración de antocianinas y la densidad del colorante es inferior al del agua 1 g/mL y superior a la del etanol 0.789 g/mL.

Beltrán y Piedra (2017), estudiaron la obtención de un colorante de maracuyá a partir de su corteza, obtuvieron un colorante de maracuyá a partir de su corteza utilizando 4 métodos de extracción. El primero fue por inmersión proporción (1:6) con 5.04 g de muestra y 30 mL de etanol al 90 % con un 0.03 % de ácido cítrico por 2 horas a 29 °C. El segundo método etanol al 90% relación muestra solvente (1:6) por 24 horas a 29 °C. El tercero sumergieron una muestra de 5.025 g en 200 mL de solvente (etanol 90% y 0.03 % ácido cítrico) mantuvieron una relación de (1:40) muestra a una temperatura de 60 °C por 24 horas. La cuarta extrajeron por el método de soxhlet a una temperatura de 72-75 °C por 2 horas. Concluyeron que el método de soxhlet brindó mayor aporte de colorante con 1903.51 ug de colorante por cada 100 g de cáscara.

Pérez (2016), realizó la formulación y caracterización de helados y sorbetes artesanales con adición de pulpa de tunas de colores, realizó 4 formulaciones dos helados y dos helados de hielo con pulpa de tuna púrpura y anaranjada. Se le realizó un análisis sensorial y análisis físico como el color. El autor concluyó que el color del helado de crema adicionando pulpa de tuna anaranjado presentó los siguientes valores, $L^*= 6.71$, $a^*=19.84$, $b^*=11.33$, $C^*=22.86$ y $h^*=29.71$.

Castillo (2015), obtiene colorantes naturales de hortalizas para su uso en repostería. 2014”, obtuvo colorantes a partir de la remolacha, col morada, cilantro y zanahoria la cual primero llevó a cocción a 20 minutos a 70 °C luego lo licuó formando una pasta y secó a 50 °C de 4 a 5 horas. Luego lo pulverizó la cual lo usó en la elaboración de masas bases, cremas montadas y cremas pasteleras. Utilizó 0.5 g de colorante para 20 g crema montada, 0.5 g para 20 g crema pastelera y 0.7 g para 100 g de masa de torta. Logró obtener una gran aceptabilidad por su sabor y color agradable.

Ortiz y Mamani (2015), investigaron la obtención del beta-caroteno a partir de la zanahoria y su aplicación en la industria alimenticia, extrajeron el betacaroteno mediante el

método de extracción sólido - líquido para aplicarlo en la elaboración de pasta. Seleccionaron la materia prima y la llevaron a un secado continuo a 60 °C por 8 horas continuas. Luego lo trituraron y lo extrajeron con el equipo soxhlet. Pesaron 100 g de harina de zanahoria y utilizaron hexano como solvente. Utilizaron el rotaevaporador para separar el extracto solvente obteniendo 27,72 g de colorante. Para la elaboración de las pastas añadieron 100 g de harina, 0.01 g de betacaroteno previamente mezclado con 5 ml de aceite y 120 ml de agua. Lo compararon con el betacaroteno comercial. El color de la pasta con muestra extraída fue $L^*=78.80$, $a^*=2.70$ y $b^*=37.40$ mientras la pasta con muestra comprada fue $L^*=76.90$, $a^*=3.20$ y $b^*=39.0$.

Berestan, Lagamma, Lavagetto y Pinter (2010), elaboraron helados de verduras a base de leche de soja, realizaron helado de zanahoria para obtener un producto con altas propiedades nutritivas. Para la elaboración utilizaron 400 g de agua, leche de soja en polvo 80 g, leche entera 80 g, crema de leche 90 g, manteca 50 g, estabilizante 8 g, azúcar 100 g, glucosa 30 g, zanahoria rallada 100 g y colorante anaranjado 2 g. Solo agregaron pocas cantidades de colorantes, ya que la intensidad del color debido a los pigmentos naturales de la verdura es alta.

2.1.2. Nacionales

Espinoza y Robles (2021), investigaron el efecto antibacteriano in vitro del extracto etanólico de la cáscara de *Solanum sessiliflorum* Dunal (cocona) frente a las cepas de *Salmonella enteritidis* y *Staphylococcus*, identificaron los componentes químicos orgánicos presentes en la cáscara de la cocona. Secaron las muestras en un horno a 40 °C por 72 horas, luego en un frasco ámbar depositaron 2 kg de polvo de cáscara seca adicionando 4 litros de etanol 96 % durante 10 días se filtró y llevaron a la estufa para volatilizar el alcohol. El extracto obtuvo un pH de 4.6 y además presentó abundantes antraquinonas, compuestos

fenólicos, lactonas α , β - insaturadas, cumarinas, antocianinas, azúcares reductores, mediana presencia de taninos y mínima de terpenos, esteroides, alcaloides, flavonoides y grasas.

Rosillo (2016), estudió los principios bioactivos y obtención de colorantes naturales de la cáscara de *Opuntia ficus - indica* (L.) Miller “tuna”. Lavó las cáscaras y lo licuó, se pesó 100 g de muestra y se extrajo el colorante con 200 mL de agua destilada ajustando en cada tiempo el pH entre 5 y 6 con ácido ascórbico y citrato de sodio. Luego pasteuriza el extracto a 85 °C por 10 minutos. Aplicó el colorante al yogurt en proporción 1: 10 respectivamente. La muestra de yogurt tuvo un color rosado hasta el día 4, al día siguiente bajo su tonalidad, olor a yogurt hasta el día 3, sabor ácido y aspecto homogéneo hasta el día 3 después se separa en 2 fases.

Reynoso (2014), obtuvo colorante a partir de la cáscara de berenjena *Solanum melongena* y su empleo en un producto láctico: yogurt. Secó las muestras a temperatura ambiente por 24 horas luego llevaron a una estufa a 40 °C por 72 horas y posteriormente se secó a 60 °C por 12 horas. Se maceró 25 g de harina seca con 100 mL de solvente (mezcla de agua y etanol de 70 %), además se adiciona ácido cítrico al 1 %. Se evaporó el extracto líquido obteniendo 14.5 mL de extracto semilíquido. Añadió el extracto al yogurt a diferentes concentraciones (0, 0.02, 0.03, 0.04 y 0.05 g de colorante en 10 mL de yogurt). Concluyó que la muestra de yogurt que tenía 0.03 g de colorante natural tuvo la mejor aceptación sensorial.

Pichardo y Zavala (2013), aplicaron una metodología de extracción del colorante azul a partir de la cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa), para la elaboración de helados. Obtuvieron el colorante utilizando agua desionizada y reactivos extrajeron así el ácido cárnico, la cual la procesaron, filtraron y secaron. Para la prueba de color utilizaron 2 muestras un helado con colorante sintético y un helado con 1g de colorante natural de cochinilla por cada kg de helado siendo la dosis sugerida. Obtuvieron el siguiente resultado

de color el helado con colorante $L= 40,55$; $a= +13,27$; $b= -3,37$. Concluyeron que la muestra con colorante sintético su índice b es menor a comparación a la muestra con colorante natural dando entender que es más concentrada y mayor poder de coloración.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Bases teóricas

3.1.1. Cocona

3.2.1.1. Descripción botánica

En cada país tiene un nombre diferente como se menciona en la siguiente tabla 1, donde muestra su descripción botánica.

Tabla 1

Descripción botánica de la cocona

Nombre científico	<i>Solanum sessiliflorum</i>
Clase	Dicotiledónea
Familia	Solanaceae
Género	Solanum
Nombre común	Cocona, topiro (español), cubui (portugués), Peach tomato (inglés)

Fuente: Balcazar y Carbajal, 2011

3.2.1.2. Producción

Fruta oriunda de la Amazonía, se cultivan en Brasil, Colombia, Ecuador, Venezuela y Perú generalmente en los departamentos de Loreto, Ucayali, Huánuco, Junín entre los principales. (Balcazar y Carbajal, 2011). En la siguiente figura indica la producción y el precio de la cocona en cada departamento del Perú.

Figura 1

Producción, rendimiento y precio del fruto en chacra en cada departamento del Perú del año 2021

Región	Producción (t)	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Precio en chacra (S/. / kg)
Nacional	13,169	2,411	5,462	0.71
Amazonas	899	183	4,911	1.15
Ancash	-	-	-	-
Apurímac	-	-	-	-
Arequipa	-	-	-	-
Ayacucho	-	-	-	-
Cajamarca	-	-	-	-
Callao	-	-	-	-
Cusco	-	-	-	-
Huancavelica	-	-	-	-
Huánuco	540	119	4,538	0.83
Ica	-	-	-	-
Junín	236	27	8,725	0.97
La Libertad	-	-	-	-
Lambayeque	-	-	-	-
Lima	-	-	-	-
Lima Metropolitana	-	-	-	-
Loreto	4,726	1,207	3,916	0.31
Madre de Dios	388	83	4,658	2.48
Moquegua	-	-	-	-
Pasco	-	-	-	-
Piura	-	-	-	-
Puno	806	100	8,060	1.95
San Martín	1,703	215	7,919	0.82
Tacna	-	-	-	-
Tumbes	-	-	-	-
Ucayali	3,872	477	8,118	0.59

Fuente: Gerencias/Direcciones Regionales de Agricultura - SIEA

Elaboración: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - Dirección General de Estadística, Seguimiento y Evaluación de Políticas - Dirección de Estadística e Información Agraria

3.2.1.3. Uso en alimentos

Mayormente se utilizan la pulpa y el mucílago para la elaboración de diversos productos alimentarios como helados, ensaladas y entre otros. A nivel industrial pero a pequeña escala producen néctares, mermeladas, compotas, etc. Los pobladores rurales utilizan el fruto como medicina ante quemaduras, hipertensión, ante la sarna y cómo suero ante mordeduras de serpientes. (Barrera y Hemández, 2004, citado por Villegas, 2015).

3.2.1.4. Comercialización

La comercialización es muy escasa principalmente lo venden como materia prima los productores de la zona en ferias y mercados. En menor medida estos frutos son

industrializados en la elaboración de jugos las cuales se comercializan en la ciudad de Lima. (Dávila, 2020). La poca industrialización de este fruto se debe a su falta de conocimiento, pues no se está difundiendo su consumo y sus propiedades nutricionales que contiene. (Fernández da Silva, 2002, citado por Dávila, 2020).

3.2.2. *Tumbo serrano*

3.2.1.1. Descripción botánica

El tumbo serrano es un fruto que presenta un aroma único e intenso debido a su contenido de terpenos, ésteres y compuestos de azufre (Conislla, 2020). La siguiente tabla muestra la descripción taxonómica del tumbo serrano.

Tabla 2

Descripción botánica del tumbo serrano

Nombre científico	<i>Passiflora tripartita var. mollissima</i>
Clase	Magnoliophyta
Familia	Passifloraceae
Género	Passiflora
Especie	<i>Passiflora mollissima (kunth) L.H. Bailey</i>

Fuente: Conislla, 2020

3.2.1.2. Producción

El tumbo serrano crece en zonas ubicadas a 1000 a 3500 msnm, con climas en gran medida húmedos y secos, temperaturas de 18 °C a 24 °C y preferentemente bajo lluvia. Entre los principales departamentos que producen tumbo serrano están Áncash y Moquegua. (Aparco, 2015). La producción es a pequeña escala de manera artesanal la cual solo tiene fin para el consumo y venta en el mercado local sin ningún proceso o industrialización. (López,

2009). En la siguiente figura indica la producción de tumbo serrano en toneladas métricas en cada departamento del Perú.

Figura 2

Producción de tumbo serrano en los departamentos del Perú del año 2021

Departamento	Sandía	Saúco	Tamarindo	Tangelo	Taperibá	Toronja	Tumbo	Tuna	Zapote
Total	127 215	317	1 508	88 922	4 594	6 215	1 258	52 912	11 059
Amazonas	618	-	225	-	-	-	-	-	132
Áncash	45	-	-	-	-	123	10	2 162	-
Apurímac	-	220	-	-	-	-	-	6 012	-
Arequipa	4 705	-	-	-	-	-	-	3 080	-
Ayacucho	-	-	-	285	-	-	-	16 488	-
Cajamarca	-	-	-	-	-	-	-	363	-
Cusco	-	-	-	-	-	-	-	9 590	-
Huancavelica	-	-	-	-	-	48	38	5 973	-
Huánuco	-	-	-	-	94	112	-	151	834
Ica	21 795	-	-	29 925	-	449	-	947	-
Junín	-	98	-	42 246	-	678	111	165	797
La Libertad	19 915	-	-	-	-	-	22	813	-
Lambayeque	2 583	-	110	-	-	6	-	5	-
Lima	15 407	-	-	11 870	-	173	8	3 256	-
Loreto	14 525	-	-	-	1 044	3 461	1 007	-	1 564
Madre de Dios	861	-	-	-	-	-	-	-	-
Moquegua	533	-	-	-	-	-	9	2 480	-
Pasco	-	-	-	-	-	50	53	16	-
Piura	15 799	-	1 153	-	-	-	-	-	-
Puno	-	-	-	-	-	686	-	-	-
San Martín	-	-	-	-	294	70	-	-	1 582
Tacna	20 662	-	-	-	-	-	-	1 411	-
Tumbes	49	-	20	46	-	358	-	-	-
Ucayali	9 720	-	-	4 551	3 162	-	-	-	6 150

Nota: Las cantidades están expresadas en toneladas métricas

Fuente: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - Dirección General de Estadística, Seguimiento y Evaluación de Políticas - Dirección de Estadística e Información Agraria.

3.2.1.3. Uso en alimentos

Fruto utilizado en la elaboración de diversos productos alimenticios como mermeladas y licores, siendo usado también como saborizantes en yogur y otros productos lácteos; sus cualidades de sabor y olor, le conceden potencial como fruto exótico en el mercado internacional como los EE.UU y gran parte de Europa. (Churrampi et al., 2015, citado por Conislla, 2020).

3.2.1.4. Comercialización

En el Perú, la provincia de Huarochirí producen bebidas a base de tumbo serrano de la marca “Huapul” pero aun así es un fruto desconocido en el mercado local e internacional, pero en los países del sur de Asia y América son muy populares siendo el país de Colombia uno de los principales exportadores de tumbo teniendo como principales mercados de pulpa de tumbo serrano los países de EE.UU, España y Suecia. (López, 2009).

3.2.3. Cáscaras

Residuos o desechos de frutos y vegetales con gran potencial, esto se debe a los compuestos bioactivos que presenta que son utilizadas en la agroindustria. (Hurtado y Ortiz, 2018). En la actualidad se hacen diversas investigaciones y buscan nuevas alternativas de colorantes naturales es por ello en la tabla 3 se muestran el uso de extractos carotenoides obtenidos en cáscaras para su uso en diversas matrices alimentarias.

Tabla 3

Uso de extractos secos de cáscaras en diversas matrices alimentarias

Extractos secos de cáscaras	Nombre científico	Matriz Alimenticia	Autor
Pitahaya	<i>Selenicereus undatus</i>	Yogurt	Sangoquiza 2023
Tuna	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Yogurt	Rosillo 2016
Camu camu	<i>Myrciaria dubia</i>	Pulpa	Garcia 2016
Tuna	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Helados	Castillo 2022
Berenjena	<i>Solanum melongena</i>	Yogurt	Reynoso 2014
Camote	<i>Ipomoea batatas</i>	Yogurt	Saavedra 2023
Chontaduro	<i>Bactris gasipaes</i>	Pasta	González et al., 2021

Elaboración: propia




3.2.4. Colorante natural

3.2.4.1. Mercado mundial de colorantes naturales

El año 2022 fue un gran crecimiento del mercado de colorantes naturales en el mundo alcanzando a US \$8,293.5 millones más que el año anterior, teniendo un crecimiento del 5 %. El principal importador a nivel mundial de colorantes naturales es EE.UU. siendo el 18.5 % del valor de las compras totales alcanzando los US \$1,533.8 millones; como segundo lugar se encuentra Japón alcanzando los US \$636.9 millones y seguido por Alemania alcanzando los US \$615.2 millones (CIEN-ADEX, 2023), como se muestra en la figura 3.

Figura 3

Principales países importadores mundiales de colorantes naturales 2022

1 EE.UU. 	Mill. US\$	Var.%	Part. %
	1,533.8	6.7%	18.5%
2 Japón 	Miles TM	Var.%	Part. %
	409.8	-6.2%	5.1%
3 Alemania 	Mill. US\$	Var.%	Part. %
	636.9	17.4%	7.7%
	Miles TM	Var.%	Part. %
	868.6	31.3%	10.8%
	Mill. US\$	Var.%	Part. %
	615.2	11.2%	7.4%
	Miles TM	Var.%	Part. %
	514.7	3.9%	6.4%

Fuente: SUNAT y Trade Map
Elaboración: CIEN-ADEX

Los principales exportadores de colorantes naturales a nivel mundial fueron en primer lugar India con un valor de venta de US \$946.1 millones, seguido por Países Bajos alcanzando los US\$ 617.4 millones y China llegando con un valor de venta de US\$ 571.8 millones (CIEN-ADEX, 2023), las cuales se muestran a continuación en la siguiente figura:

Figura 4

Principales países exportadores mundiales de colorantes naturales 2022

1 India	Mill. US\$	Var. %	Part. %
	946.1	-0.5%	12.5%
2 Países Bajos	Miles TM	Var. %	Part. %
	Cantidades no disponibles		
3 China	Mill. US\$	Var. %	Part. %
	617.4	14.2%	8.2%
	Miles TM	Var. %	Part. %
	375.6	30.1%	0.8%
	Mill. US\$	Var. %	Part. %
	571.8	6.3%	7.6%
	Miles TM	Var. %	Part. %
	167.6	48.7%	0.4%

Fuente: SUNAT y Trade Map
Elaboración: CIEN-ADEX

3.2.4.2. Mercado nacional de colorantes naturales

El Perú en el año 2022, en el ranking mundial de abastecedores de colorantes naturales ocupó el puesto número 13 y puesto número 4 en Latinoamérica. Las principales colorantes que exporta Perú son la cochinilla acaparando el 79.1 % del valor total seguido del achiote (10.1 %). Los colorantes naturales como las clorofilas registraron un crecimiento respecto al año pasado, igualmente el camote colorante y derivados de la cochinilla. Los colorantes que presentaron caídas de demanda fueron las oleorresinas, cúrcuma, maíz morado y achiote a comparación del año pasado (CIEN-ADEX, 2023), cuyos resultados se muestran en la siguiente figura.

Figura 5**Exportación de colorantes Naturales del Perú (US\$ Miles)**

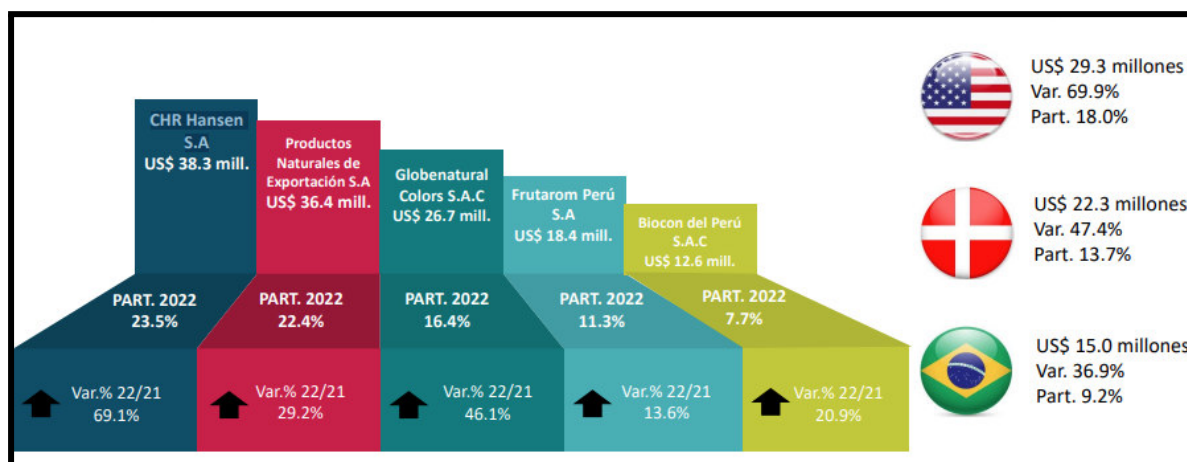
Descripción Comercial	2018	2019	2020	2021	2022	Crec.% 2022/2018	Var.% 2022/2021	Part.% 2022
Colorantes Naturales	140,407.2	118,809.7	118,199.4	124,535.7	162,675.3	3.7%	30.6%	100.0%
Cochinilla y derivados	100,326.5	82,728.5	77,373.6	92,186.1	128,733.5	6.4%	39.6%	79.1%
Carmín de cochinilla	78,789.1	65,758.6	60,330.9	73,364.9	105,576.0	7.6%	43.9%	64.9%
Ácido carmínico	20,383.6	15,980.7	15,661.9	17,167.8	21,220.5	1.0%	23.6%	13.0%
Cochinilla (entero)	1,153.8	989.1	1,380.9	1,653.3	1,936.9	13.8%	17.2%	1.2%
Achiote y derivados	19,659.6	14,169.6	14,113.8	15,271.0	16,441.7	-4.4%	7.7%	10.1%
Bixina	11,824.8	9,490.9	10,889.1	12,941.8	12,662.0	1.7%	-2.2%	7.8%
Norbixina	6,288.6	3,058.6	2,570.9	1,654.3	3,225.2	-15.4%	94.9%	2.0%
Achiote	1,546.2	1,620.0	653.8	674.9	554.6	-22.6%	-17.8%	0.3%
Demás colorantes	20,421.1	21,911.7	26,712.1	17,078.6	17,500.0	-3.8%	2.5%	10.8%
Marigold	7,997.7	9,339.2	16,199.3	8,104.2	9,904.8	5.5%	22.2%	6.1%
Cúrcuma	3,283.2	3,881.4	5,955.1	5,926.2	4,081.3	5.6%	-31.1%	2.5%
Camote	5,673.8	6,862.4	2,720.0	811.9	1,785.2	-25.1%	119.9%	1.1%
Maíz morado	1,682.4	869.3	819.5	854.2	778.7	-17.5%	-8.8%	0.5%
Oleorresinas	117.4	592.1	685.0	1,103.4	616.5	51.4%	-44.1%	0.4%
Clorofilas	6.5	48.7	66.4	65.8	159.1	122.1%	141.7%	0.1%
Otros	1,660.0	318.7	266.8	213.0	174.4	-43.1%	-18.1%	0.1%

Fuente: SUNAT y Trade Map
Elaboración: CIEN-ADEX

El principal departamento de Perú exportador de colorantes naturales es Lima abarcando el 88.9 % del mercado nacional, las cuales se encuentran las principales empresas exportadoras como CHR Hansen S.A, Productos Naturales de Exportación S.A y Globenatural Colors S.A.C. (Figura 6). Teniendo como máximos compradores Europa y Norteamérica (figura 7), (CIEN-ADEX, 2023).

Figura 6

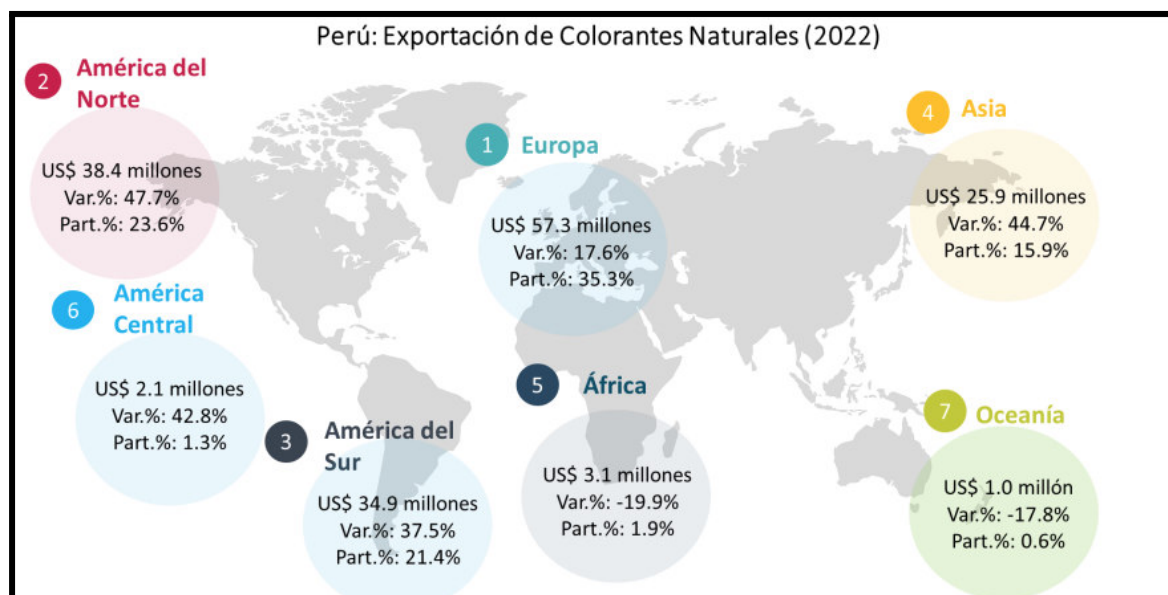
Principales empresas peruanas exportadoras de colorantes naturales



Fuente: SUNAT y Trade Map
Elaboración: CIEN-ADEX

Figura 7

Principales países que Perú exporta colorantes naturales



Fuente: SUNAT y Trade Map
Elaboración: CIEN-ADEX

3.2.5. Carotenoides

Los carotenoides son pigmentos encargados generalmente de diversos colores como rojo, amarillo y anaranjados de diversos frutos y verduras, dado a la existencia en su

molécula de un cromóforo resistente o fundamentalmente una cadena de enlaces dobles conjugados. (Meléndez et al., 2004). Se clasifican en dos grupos según su estructura química, los hidrocarbonados llamados carotenos y los oxigenados denominados xantofilas. (Rodríguez y Amaya, 1999, citado por Chamorro, 2017).

3.2.5.1. Estructura química

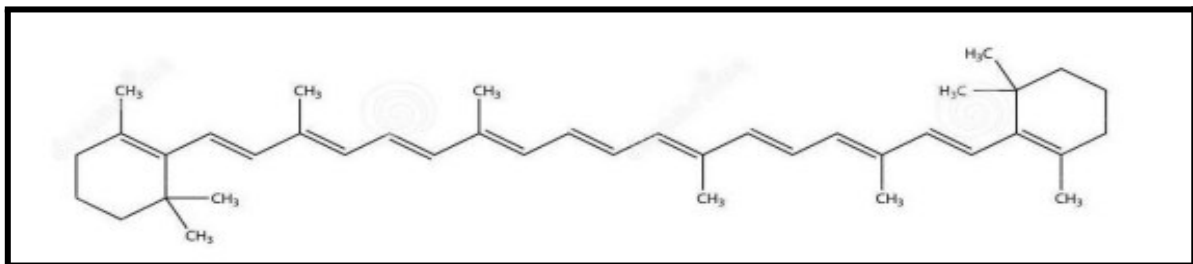
Los carotenoides son tetraterpenos la cuales presentan una estructura de 40 carbonos, simétrico y lineal compuesto a base de ocho unidades isoprenoides de 5 carbonos compactos de tal manera que el orden se invierte al centro. (Rodríguez y Amaya, 1999, citado por Chamorro, 2017). Son liposolubles con un alto poder pigmentario de origen vegetal sintetizados por plantas, algas. Por su insaturación presentan sensibilidad a los metales, oxígeno, luz, altas temperaturas, ácidos y las lipooxigenasas. (Carranco et al., 2011).

3.2.5.2. Tipos

Los carotenoides hidrocarbonados se conocen como carotenos entre ellos tenemos al β -caroteno (figura 8) y licopeno, y aquellos aparte de tener carbono e hidrógeno contienen oxígeno se denominan xantofilas como la zeaxantina (figura 9), luteína, etc. (Dichiara, 2019). Los carotenoides pueden ser acíclicos como el licopeno, monocíclicos como el γ -caroteno que presenta un anillo β o bicíclico como los β -caroteno, zeaxantina presentan dos anillos β y el α -caroteno y luteína presentan un anillo β y un anillo ϵ . (Rodríguez y Amaya, 1999, citado por Chamorro, 2017).

Figura 8

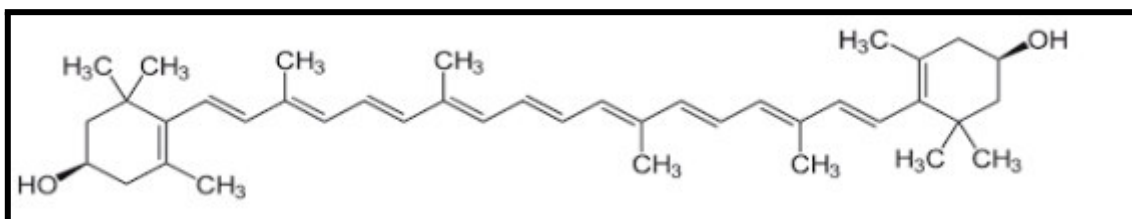
Estructura química del betacaroteno



Fuente: Dichiara, 2019

Figura 9

Estructura química Zeaxantina



Fuente: Dichiara, 2019

3.2.6. *Betacarotenos*

3.2.6.1. *Características*

En la siguiente tabla se muestran las principales características de los betacarotenos como su fórmula molecular, estructura química, punto de fusión, y longitud de onda con absorbancia máxima.

Tabla 4

Características del β-caroteno

Características	
Tipo de compuesto	Compuesto polieno, con enlaces dobles conjugados
Fórmula molecular	C ₄₀ H ₅₆
Punto de fusión	176 - 182 °C
Masa molecular	536,58 g/mol
Longitud de onda con máxima absorbancia	466 nm y 496 nm

Fuente: Bartolomé, 2013

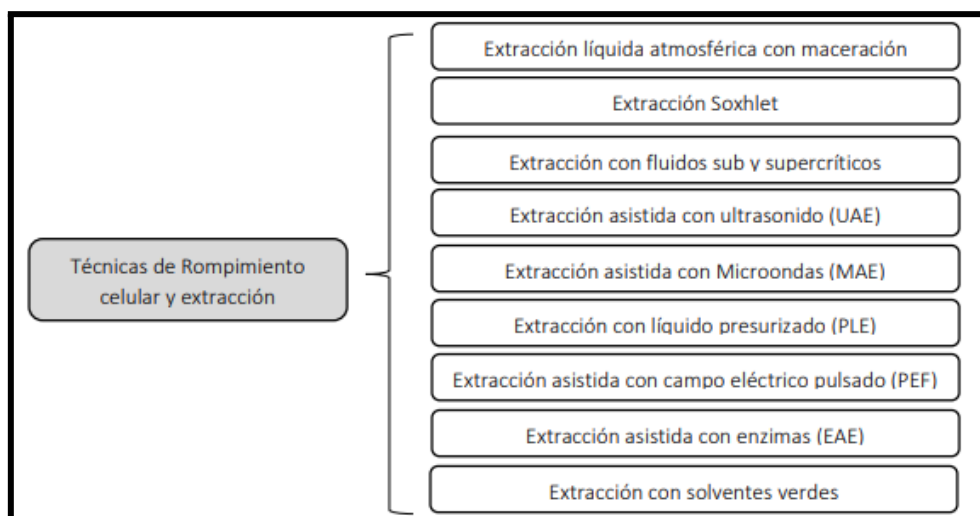
Elaboración: Propia

3.2.6.2. *Métodos de extracción de carotenos*

Los principales métodos de extracción de carotenoides se muestran la siguiente figura:

Figura 10

Métodos de extracción de carotenoides



Fuente: Otálora 2019

A. Extracción líquida con maceración

Es un método de extracción sólido - líquido es decir uso de un disolvente orgánico sobre materia sólida con el fin de conseguir determinados componentes. Se pueden realizar en temperaturas altas o bajas, en temperaturas altas la extracción es más rápida esto se debe que aumenta la solubilidad de la muestra por el solvente. Para una extracción con buen rendimiento y eficacia se debe tomar en cuenta el disolvente y la cantidad a utilizar, la temperatura y el tiempo de extracción. (Espinosa, 2020).

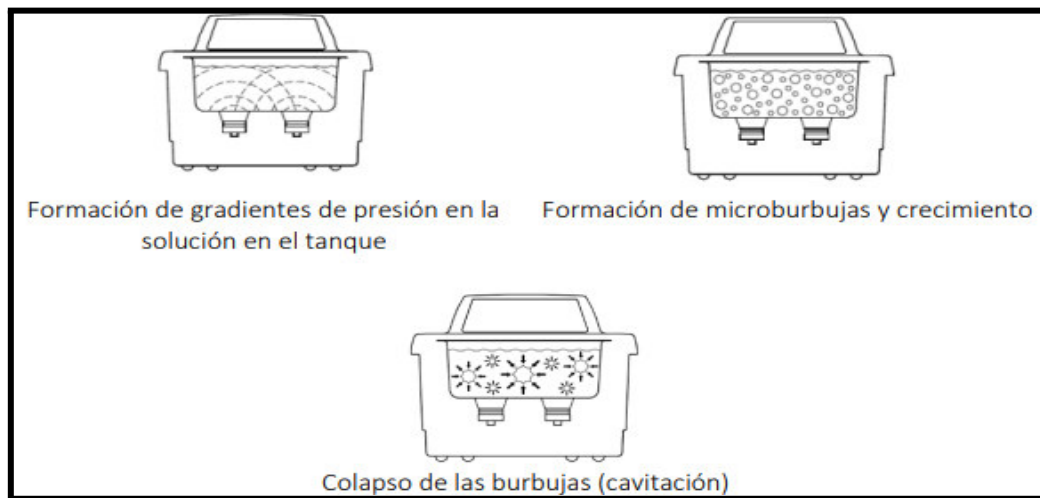
B. Extracción asistida con ultrasonido (UAE)

Es uno de los métodos más fáciles a nivel industrial por su gran disponibilidad de equipos, y elevada eficiencia de extracción, disminuyendo la dosis de solvente y reduciendo el tiempo de extracción. Su alta eficiencia se debe al proceso de cavitación elevando el contenido de carotenoides obtenidos a temperaturas bajas. Para la extracción de betacarotenos durante el proceso de ultrasonido se maneja a una baja frecuencia de 16 a 100 kHz. Durante el proceso de extracción asistida por ultrasonido es originada por la interacción entre el solvente, las ondas ultrasónicas y el gas en un límite de frecuencias entre 20 kHz - 1 MHz.

Las ondas ultrasónicas originan el proceso de cavitación que consiste en el colapso o explosión de las microburbujas de gases disueltos en el líquido incitando la formación de focos transitorios de elevada presión y temperatura facilitando la ruptura de la pared celular y su extracción como se muestra en la figura 11. (Otálora, 2019).

Figura 11

Funcionamiento de la extracción asistida con ultrasonido



Fuente: Otálora, 2019

3.2.6.3. Método de identificación de carotenos

A. HPLC

Cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC), es uno de los métodos más empleados para disgregar analitos de diferente naturaleza que están en una mezcla. Intervienen en el método de HPLC la fase móvil, la cual es líquida y tiene la función de trasladar la muestra por medio de la fase estacionaria, que puede ser líquida o sólida, sostenida en un sólido inerte. La disgregación de componentes es originada por las diferencia de velocidades que ocurren en el desplazamiento, donde la velocidad es menor, si los componentes presentan mayor afinidad con la fase estacionaria a comparación de aquellos que tienen menor afinidad. (Morales y Suarez, 2018).

B. Espectrofotometría

Los carotenoides absorben luz UV cercano y visible siendo una de sus propiedades, con ello es utilizada para la cuantificación de carotenoides en una determinada solución, mediante la Ley de Lambert- Beer. La Ley de Lambert- Beer es fundamental ya que ayuda a tener conocimiento del valor del coeficiente de extinción molar (ϵ_{mol}) para un carotenoide dado (ver figura 12). El coeficiente de extinción molar (ϵ_{mol}) se define como la determinación de la absorbancia teórica de 1 g de extracto o pigmento disuelto en 100 mL de solvente la cual es medida en una celda con una anchura de 1 cm. Para evitar errores de lectura en la medición de la absorbancia, el espectrofotómetro debe tener lecturas de absorbancia entre 0.3 y 0.7 asegurando una buena medición. La medición de la absorbancia se desarrolla comúnmente a la longitud de onda máxima de 450 nm (Burgos y Calderón, 2009).

Figura 12

Coefficientes de extinción molar para la cuantificación de carotenoides

ABSORPTION COEFFICIENTS ($A_{1cm}^{1\%}$) OF COMMON FOOD CAROTENOIDS			
Carotenoid	Solvent	λ_{max} (nm)	$A_{1cm}^{1\%}$
α -Carotene	petroleum ether	444	2800
	hexane	445	2710
β -Carotene	petroleum ether	450	2592
	ethanol	450	2620
	chloroform	465	2396
α -Cryptoxanthin/Zeaxanthin	hexane	445	2636
β -Cryptoxanthin	petroleum ether	449	2386
	hexane	450	2460
Lutein	ethanol	445	2550
	diethyl ether	445	2480
	diethyl ether	445	2600
Lycopene	petroleum ether	470	3450
Zeaxanthin	petroleum ether	449	2348
	ethanol	450	2480
	ethanol	450	2540
	acetone	452	2340

Fuente: Rodriguez y Kimura, 2004

La concentración másica de β -caroteno se calcula mediante la fórmula descrita por Rodriguez y Kimura, 2004:

$$\text{Contenido total de betacarotenos (ug/g)} = \frac{A \times V \times Fd \times 10^4}{A_{1cm}^{1\%} \times m}$$

Donde:

A = absorbancia a 450 nm,

V = volumen de etanol (mL) Fd = factor de dilución

$A_{1cm}^{1\%} = 2620$ es el coeficiente de extinción molar a una longitud de onda de 450 nm para una solución al 100% de β -caroteno en etanol.

m = masa de la muestra en (g)

3.2.6.4. Contenido de carotenoides en las cáscaras

Durante años se han investigado y buscado nuevas fuentes de carotenoides naturales es por ello que la tabla 5 muestra las cantidades de carotenoides que contienen las cáscaras de diversas frutas y vegetales.

Tabla 5

Contenido de betacarotenos en diversas cáscaras

<i>Cáscara</i>	<i>Nombre científico</i>	<i>Contenido de carotenoides</i>	<i>Autor</i>
Lima	<i>Citrus aurantifolia</i>	8.01 mg / 100 g *	Vargas et al., 2019
Berenjena	<i>Solanum melongena</i>	5.33 mg / 100 g a *	Vargas et al., 2019
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	28.3 mg / 100 g *	Vargas et al., 2019
Papaya	<i>Carica papaya</i>	42.13 mg / 100 g *	Vargas et al., 2019
Maracuyá	<i>Passiflora edulis</i>	1037.99 ug /100 g *	Beltrán y Piedra, 2017
Mandarina	<i>Citrus Reticulata</i>	1139 ug / 100 g *	Castro y Mendoza, 2021
Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>	1.86 ug / g *	García, 2017
Mango	<i>Mangifera indica</i>	18.8 ug / g *	García, 2017

Tumbo serrano	<i>Passiflora mollissima</i>	31.27 ug / g **	Gupioc, 2022
Limón	<i>Citrus aurantifolia</i>	0.53 mg / 100 g **	Hurtado y Ortiz, 2018
Sandía	<i>Citrullus vulgaris</i>	0.76 mg / 100 g **	Hurtado y Ortiz, 2018
Uva	<i>Vitis vinifera</i>	1.64 mg / 100 g **	Hurtado y Ortiz, 2018
Palta	<i>Persea americana</i>	3.76 mg / 100 g **	Hurtado y Ortiz, 2018
Manzana	<i>Malus domestica</i>	0.32 mg / 100 g **	Hurtado y Ortiz, 2018
Toronja	<i>Citrus paradisi</i>	2.31 mg / 100 g **	Rincón et al., 2005
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	2.25 mg /100 g **	Rincón et al., 2005

* Contenido de betacarotenos

Elaboración: propia

** Contenido de carotenoides totales (carotenos + xantofilas)

3.2.7. Helados de crema

Es un producto alimenticio congelado que es producto de la combinación de determinados lácteos con ciertos colorantes, endulzantes, emulsionantes, etc las cuales son llevados a un proceso de batido y un continuo enfriamiento hasta que presente consistencia (Revilla, 1996, citado por Montero, 2007).

Es conseguido, partiendo de la disolución de grasas y proteínas, añadiendo aditivos autorizados e ingredientes primordiales en porciones adecuadas, las cuales son sometidas a congelamiento con batido. Se dividen según sus componentes si están a base de crema de leche, de agua, de fruta, etc. (Ramírez et al., 2015). Los parámetros de calidad que presenta el helado se muestran en la figura 13.

Figura 13

Parámetros y características de calidad del helado

Calidad	Características de calidad
Sensorial	Forma, color, olor, sabor, textura
Nutricional	Composición, digestibilidad
Sanitaria	Inocuidad (microorganismos, agentes químicos, contaminantes)
Fisicoquímica	pH, acidez, color, propiedades coligativas, viscosidad
Funcional	<i>Overrun</i> , envasado, derretimiento, capacidad de depósito, capacidad de porcionado

Fuente: Ramirez, Rengifo & Vargas, 2015

3.2.8. Color

El color es la forma en que los humanos interpretamos la luz reflejada por un objeto; es una apreciación que depende de cómo nuestros ojos reconocen la luz reflejada y cómo la interpreta nuestro cerebro. El objeto, el observador, el iluminante, la geometría óptica, el área, el fondo, la superficie, el brillo y la temperatura influyen en la percepción del color en los seres humanos. (Heredia, 2009, citado por Aguilar, 2020). La principal característica para los consumidores de valorar la calidad en alimentos es el color, y por lo tanto, es fundamental para la aprobación de los productos en el mercado. (Valdés et al., 2023).

3.2.8.1. Color en helados

El color en los helados es un fuerte comunicador emocional, afectando o mejorando el estado de ánimos del consumidor. Son capaces de provocar una variedad de emociones y producir experiencias inolvidables. El extraordinario poder de los colores provoca fuertes reacciones emocionales en nosotros. La psicología del color es un fenómeno que ha sido ampliamente estudiado y ofrece datos útiles para especialistas en marketing y empresas. Las empresas de helados pueden fortalecer su relación con los clientes y mejorar la experiencia general utilizando el impacto emocional del color. (IMBAREX, Natural Colors & Ingredients).

3.2.8.2. Técnicas de medición de color

La ciencia que se encarga de medir y cuantificar el color es la colorimetría. El factor más importante para su medición es la luz que incide sobre el objeto. Los colores no presentan la misma tonalidad si se observa en luz natural o artificial donde cada iluminación presenta diferentes colores del espectro (Coronado, 2023). Existen diferentes métodos y equipos para la medición del color siendo las siguientes:

A. Colorímetros

Dispositivos tristumulares como se muestra en la figura 14, presenta diferentes iluminantes para fines de medición y dependiendo de la lámpara el color se percibe con desviaciones cromáticas que pueden ser significativas cuando la luz se proyecta sobre el objeto. Presenta un Software que cuantifica el color en espacio de color CIELab. (Coronado, 2023).

Figura 14

Colorímetro NH300 Marca 3N-H



Fuente: Propia

B. Espectrofotómetro

Es un equipo fotoeléctrico que cuantifica la potencia radiactiva con la capacidad de elegir y calcular la intensidad a través de distintas longitudes de onda cabido en un espectro, dentro del límite al cual fue diseñado como se muestra en la figura 15. Mayormente permiten el registro de gráficos espectrales; hay diseños para las longitudes de onda ultravioleta, visible, infrarrojo cercano, medio y lejano. (Mathias-Rettig & A-Hen, 2014, citado por Coronado, 2023). El equipo tiene la capacidad de medir el color y apariencia de muestras oscuras y translúcidas, siendo éstas sólidas como pastillas, granos, pastas y también en muestras líquidas.

Figura 15

Espectrofotómetro UV-Visible thermo scientific Genesys 50



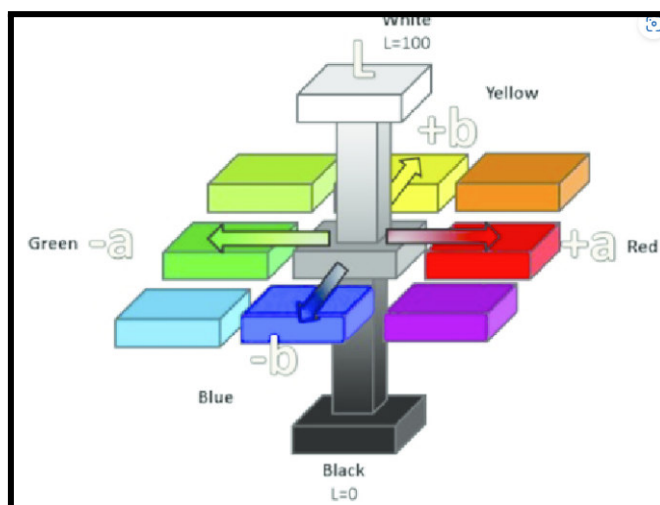
Fuente: Propia

3.2.8.3. Sistemas CIE

En la actualidad el espacio de color CIELab son lo más utilizado para la evaluación del color en el rubro alimentario, esto se debe a que entrelaza los valores numéricos de color sistemáticamente con la percepción del ser humano. El color de los alimentos se analizan a través de 3 propiedades la luminosidad cuando una superficie emana más o menos luz; el tono cuando una superficie presenta una similitud a uno y la pureza que viene ser si una superficie presenta más o menos tonalidad. El espacio de color CIELab está conformado por un eje vertical que viene ser la luminosidad representada por L^* que varía de 0 (negro) hasta 100 (blanco) y dos ejes horizontales que son las coordenadas cromáticas a^* (representa el contenido de rojo la a^* es positiva o verde la a^* es negativa) y b^* (representa contenido de amarillo la b^* es positiva o azul la b^* es negativa) como se muestra en la figura 16. (Pau, 2017).

Figura 16

Espacio de color CIELab



Fuente: (Lee et al., 2016)

3.2.8.4. Propiedades de color

Las propiedades o atributos del color son 3 las cuales son las siguientes: luminosidad también llamada intensidad o brillantez, tono (colores rojo, amarillo y verde) y saturación o pureza. Los alimentos se dividen según su interacción óptica con la luz en translúcidos, transparentes y opacos. (Liao et al., 2021, citado por Valdés et al., 2023). Los atributos de color se calculan de a partir de las coordenadas cromáticas como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6

Propiedades de color

Propiedades de color	Definición	Ecuación
Luminosidad	Superficie emite más o menos luz	L^* mediante el colorímetro
Tono	Relacionada con la longitud de onda lo que diferencia un color del otro	$h^\circ = \tan^{-1}(b^* / a^*)$
Saturación	Índice de pureza, intensidad de color.	$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$

Fuente: Ortiz, 2002 Elaboración propia

El tono define el color en sí, el cual se expresa en grados entre 0 ° a 360 ° (Boscarol, 2007, citado por Perez, 2019). Cada color tiene un determinado ángulo de tono, como se muestra en la figura 17.

Figura 17

Colores definidos por distintos ángulos de tono



Fuente: Boscarol (2007)

3.2.8.5. Estabilidad de color del betacaroteno

Propiedad de un pigmento para conservar su tono inicial, capaz de soportar el desgaste que se origina mayormente por estar muy expuesto durante mucho tiempo a la luz. (Martínez y Rico, 2003). Los β -carotenos son estables a temperatura ambiente y se vuelven más lábiles cuando se le realiza un cambio de temperatura, alterando su estructura e implicando su destrucción del β -caroteno. Ante este suceso disminuye el valor nutricional de los alimentos teniendo como consecuencia la pérdida de color y sus propiedades organolépticas. (Meléndez et al., 2004, citado por González, 2016). La actividad de agua, presencia de antioxidantes y sulfitos, contacto con la luz y temperatura son las principales causas que repercuten en la degradación pigmental. (González, 2016).

A. Diferencial de color

Según Ruiz (2023), indica que expresar numéricamente la diferencia de color es sencillo, la cual necesita las coordenadas cromáticas de una muestra estándar y las coordenadas cromáticas de la muestra que se pretende expresar la diferencial de color. Los valores de luminosidad y coordenadas cromáticas de ambas muestras se restan, cuyas diferencias se manifiesta con la simbología (Δ).

La diferencia de color entre dos muestras es obtenido mediante la aplicación del teorema de Pitágoras que se muestra en la siguiente ecuación:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Donde:

ΔE^* : Diferencial de color

ΔL^* : Diferencial de luminosidad ($L_1 - L_0$)

Δa^* : Diferencial de coordenada a^* ($a^*_1 - a^*_0$)

Δb^* : Diferencial de coordenada b^* ($b^*_1 - b^*_0$)

IV. HIPÓTESIS Y VARIABLES

4.1. Hipótesis

4.1.1. Hipótesis general

H₁: La adición de extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona (*Solanum sessiliflorum*) y tumbo serrano (*Passiflora tripartita var. mollisima*) tienen efecto sobre las propiedades y la estabilidad de color en helados de crema.

H₀: La adición de extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona (*Solanum sessiliflorum*) y tumbo serrano (*Passiflora tripartita var. mollisima*) no tienen efecto sobre las propiedades y la estabilidad de color en helados de crema.

4.1.2. Hipótesis Específicas

- i. La adición de la concentración de extracto carotenoide obtenido de la cáscara de cocona tiene efecto en la luminosidad, coordenadas cromáticas, tono y saturación en helados de crema.
- ii. La adición de la concentración de extracto carotenoide obtenido de la cáscara de tumbo serrano tiene efecto en la luminosidad, coordenadas cromáticas, tono y saturación en helados de crema.
- iii. La adición de la concentración de extracto carotenoide obtenido de la cáscara de cocona tiene efecto en la estabilidad de color en helados de crema.
- iv. La adición de la concentración de extracto carotenoide obtenido de la cáscara de tumbo serrano tiene efecto en la estabilidad de color en helados de crema.

4.2. Variables

4.2.1. Variable Independiente

- i. Extracto carotenoide de cáscara de cocona

- ii. Extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano

4.2.2. Variable dependiente

- i. Propiedades de color
- ii. Estabilidad de color

4.3. Operacionalización de variables

Tabla 7

Operacionalización de las variables independientes y dependientes

Variables	Definición	Dimensiones	Indicadores	Item	Escala
Extractos carotenoides de cáscaras	Son pigmentos encargados generalmente de diversos colores de frutos y verduras, (Meléndez et al., 2004).	Extracto carotenoide de cáscara de cocona	F1: 0.10 F2: 0.20 F3: 0.30 F4: 0.40	% % % %	Nominal
		Extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano	F1: 0.02 F2: 0.06 F3: 0.10 F4: 0.20	% % % %	Nominal
Propiedades de color	Distintos parámetros que hacen singular a un determinado color, variando su aspecto y fijando su apariencia final. (Stivala et al., 2014).	Coordenadas cromáticas CIELab	a* b*	+a color rojo; -a color verde +b color amarillo; -b color azul	Nominal
		Atributos de color	Luminosidad Saturación Tono	L* (0 negro a 100 blanco) $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ $h^{0*} = \tan^{-1} (b^* / a^*)$	Nominal
Estabilidad de color	Propiedad de un pigmento para conservar su tono inicial, capaz de soportar el desgaste que se origina mayormente por estar muy expuesto a la luz. (Martinez y Rico, 2003)	Diferencial de color	Tiempo Día 0 Día 5 Día 10	ΔE^* 1 = excelente 1 - 2 = buena 2 - 4 = normal 4 - 5 = suficiente >5= mala	Nominal

Elaboración propia

V. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Tipo y diseño de investigación

5.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es de tipo aplicada, ya que busca evaluar el efecto de la adición de extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona y tumbo serrano sobre las propiedades y la estabilidad de color en helados de crema.

5.1.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación es de tipo experimental las cuales se realizan 5 formulaciones para dos extractos siendo: (i) Helado de crema con extracto carotenoide obtenido de la cáscara de cocona (*Solanum sessiliflorum*) al 0, 0.1 %, 0.2 % , 0.3% y 0.4%, (ii) Helado de crema con extracto carotenoide obtenido de la cáscara del tumbo serrano (*Passiflora tripartita var. mollisima*) al 0, 0.02 %, 0.06 % , 0.1% y 0.2 %.

5.2. Lugar y tiempo

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Instituto de investigación y desarrollo de bioquímica y nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. El tiempo estimado para la realización del proyecto es de 3 meses (Septiembre 2023 - Noviembre 2023).

5.3. Materiales

5.3.1. Materia prima

→ Cocona amarilla (*Solanum sessiliflorum*) grande adquirido del Mercado Mayorista de Frutas.

- Tumbo serrano (*Passiflora tripartita var. mollissima*) adquirido del Mercado Mayorista de Frutas.

5.3.2. Insumos

- Agua destilada
- Lecitina Marva
- Grasa vegetal
- Glucosa Marva
- Goma espesante Marva
- Azúcar
- Leche en polvo Marva

5.3.3. Materiales de vidrio

- Probetas 5 mL, 10 mL y 50 mL
- Picnómetro
- Placas petri
- Vasos precipitados 50 mL, 100 mL, 250 mL y 500 mL

5.3.4 Equipos

- Agitador SCIOLOGEX
- Balanza analítica OHAUS PIONEER
- Balanza digital
- Centrífuga refrigerada MPW-380 R (MPW MED. INSTRUMENTS)
- Colorímetro NH300 Marca 3N-H
- Cámara de secado IndumeLab
- Espectrofotómetro UV-Visible thermo scientific GENESYS 50
- Molino multifuncional Bioló Mix
- Refractómetro digital POCKET ATAGO PAL-1

→ Sonicador ultrasonido BRANSON M2800

5.3.5 Reactivos

→ Etanol absoluto MERCK

→ Etanol 96 %

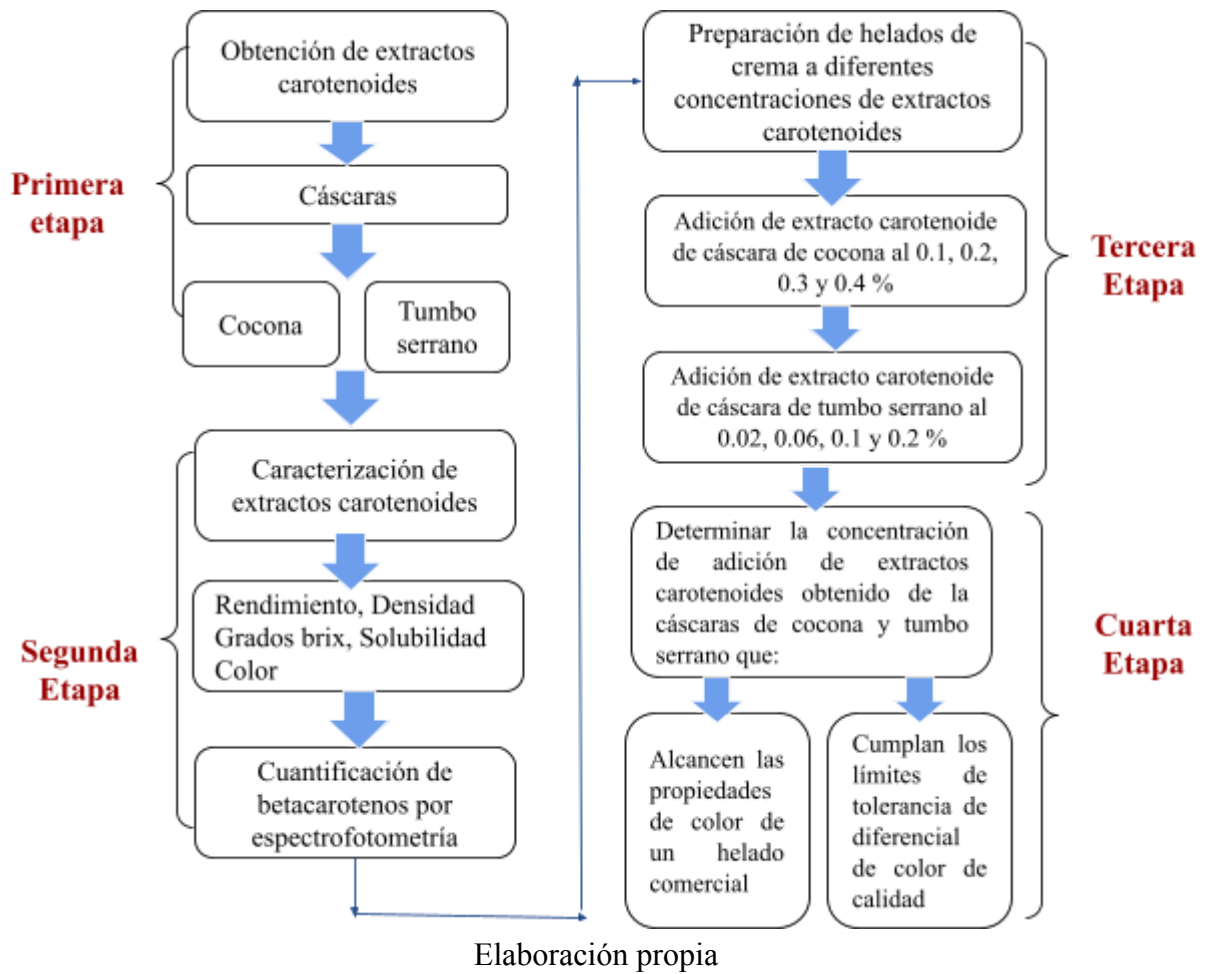
→ Hipoclorito de sodio 5 %

5.4. Etapas de la investigación

La presente investigación se dividió en 4 etapas (figura 18). La primera consistió en la obtención de extractos carotenoides a partir de las cáscaras de la cocona y tumbo serrano; la segunda etapa se caracterizó los extractos carotenoides (rendimiento, grados brix, densidad, solubilidad, color y cuantificación de betacarotenos), la tercera etapa consistió en la elaboración de helados de crema adicionando extractos carotenoides a diferentes concentraciones y la cuarta etapa se evaluó el efecto sobre las propiedades de color por el sistema CIELab y la estabilidad de color por diferencial de color (ΔE) y además de determinar la concentración de adición de extractos carotenoides necesarios para alcanzar las propiedades de color del helado de vainilla comercial y cumplan los límites de tolerancia de diferencial de color (ΔE^*) de calidad hasta el día 10.

Figura 18

Etapas de la investigación



5.5. Metodología

5.5.1. Obtención de extractos de carotenoides a partir de las cáscaras de cocona y tumbo serrano.

El proceso de extracción de carotenoides de las cáscaras de cocona (*Solanum sessiliflorum*) y tumbo serrano (*Passiflora tripartita* var. *mollisima*) se utilizaron los métodos descritos por Rojas (2023) y Reynoso (2014) con algunas modificaciones, que a continuación se detalla y se observa en el flujograma de la figura 19:

a. Obtención del polvo de las cáscaras de cocona y tumbo serrano

- 1. Recolección de materia prima:** Se escogieron frutos de cocona (*Solanum sessiliflorum*) y tumbo serrano (*Passiflora tripartita* var. *mollisima*) en estado pintón, adquirido del Mercado Mayorista de frutas del distrito de La Victoria en el mes de Octubre.
- 2. Selección y clasificación:** se clasificaron los frutos mediante el color (estado pintón), sin golpes y ausencia de mohos.
- 3. Pesado:** se pesaron los frutos enteros previamente seleccionados, “cocona: 11.03 kg. y tumbo serrano 5.29 kg”.
- 4. Lavado y desinfección:** los frutos fueron sumergidos en agua con hipoclorito de sodio a una concentración de 50 a 200 ppm durante 1 a 2 minutos y enjuagados con agua destilada.
- 5. Escaldado:** se sumergieron las frutas en agua entre 90 °C - 100 °C durante 30 segundos y posteriormente fueron colocadas en bandejas para su secado a temperatura ambiente por 20 min.
- 6. Pelado:** las cáscaras fueron separadas usando un cuchillo de acero inoxidable.

7. **Pesado:** las cáscaras fueron pesadas en una balanza, para determinar el rendimiento en porcentaje del residuo agroindustrial como son las cáscaras.
8. **Secado:** las cáscaras fueron colocadas en una bandeja de vidrio y se sometieron a una deshidratación a 40 °C por 72 h en una cámara de secado de aire caliente (Indumelab).
9. **Pesado:** las cáscaras perdieron peso correspondiente hasta 13.36 % y 13.81 % de pérdida de peso para cáscara de cocona y de tumbo respectivamente.
10. **Molienda:** las cáscaras secas fueron pulverizadas en un molino multifuncional de cuchillas (Bioló Mix) (anexo 1.a).

b. Obtención de extractos carotenoides de cáscaras de cocona y tumbo serrano

Se llevaron a cabo tres procesos de extracción en forma sucesiva hasta la obtención del extracto total (anexo 1.b).

1. **Maceración 1:** se utilizaron 190.54 g y 190.77 g de harina de cáscaras secas y molidas de cocona y tumbo serrano respectivamente. Luego fueron sumergidas con 381 mL de etanol absoluto (MERCK) para cocona y tumbo serrano, colocadas en un frasco hermético ámbar protegido de la luz durante 40 horas a temperatura ambiente.
 - 1.1. **Sonicación:** los extractos fueron llevados en un baño sonicador (BRANSON M2800), a 30 °C durante 30 minutos, con frecuencia de 40 kHz.
 - 1.2. **Agitación y filtración:** los frascos conteniendo los extractos fueron agitados durante 30 minutos a 500 RPM en un agitador (SCIOLOGEX) y luego se filtraron, los filtrados fueron colocados en un envase y los residuos 1 fueron utilizados en la maceración 2.
2. **Maceración 2:** se llevó a cabo con los residuos 1, se añadió 190 mL de etanol absoluto tanto para cocona y tumbo serrano por 40 h en temperatura ambiente, luego fueron agitados a 500 RPM durante 30 min y filtrado. Los filtrados fueron colocados en el envase y los residuos 2 fueron utilizados en la maceración 3.

3. **Maceración 3:** se llevó a cabo con los residuos 2, se añadió 190 mL de etanol absoluto tanto para cocona y tumbo serrano por 40 h en temperatura ambiente, luego fueron agitados a 500 RPM durante 30 min y filtrado. Los filtrados fueron colocados en el envase.
4. **Centrifugación:** los filtrados fueron centrifugados en una centrifugadora refrigerada (MPW-380 R. INSTRUMENTS) a 7000 RPM durante 15 minutos y a una temperatura de 4 °C obteniendo los sobrenadantes, que constituyen los extractos en forma líquida.
5. **Evaporación:** los sobrenadantes del centrifugado fueron colocados en una bandeja de vidrio previamente lavada y desinfectada, cubiertas con papel aluminio y fueron colocadas en una estufa a 40 °C obteniendo los extractos secos de carotenoides.
11. **Almacenado:** los extractos fueron almacenados secos en frascos ámbar a una temperatura de 4 °C y protegidos de la luz.

En la tabla 8 se resumen las condiciones del proceso que se realizó durante la extracción de carotenoides de las cáscaras en estudio.

Tabla 8

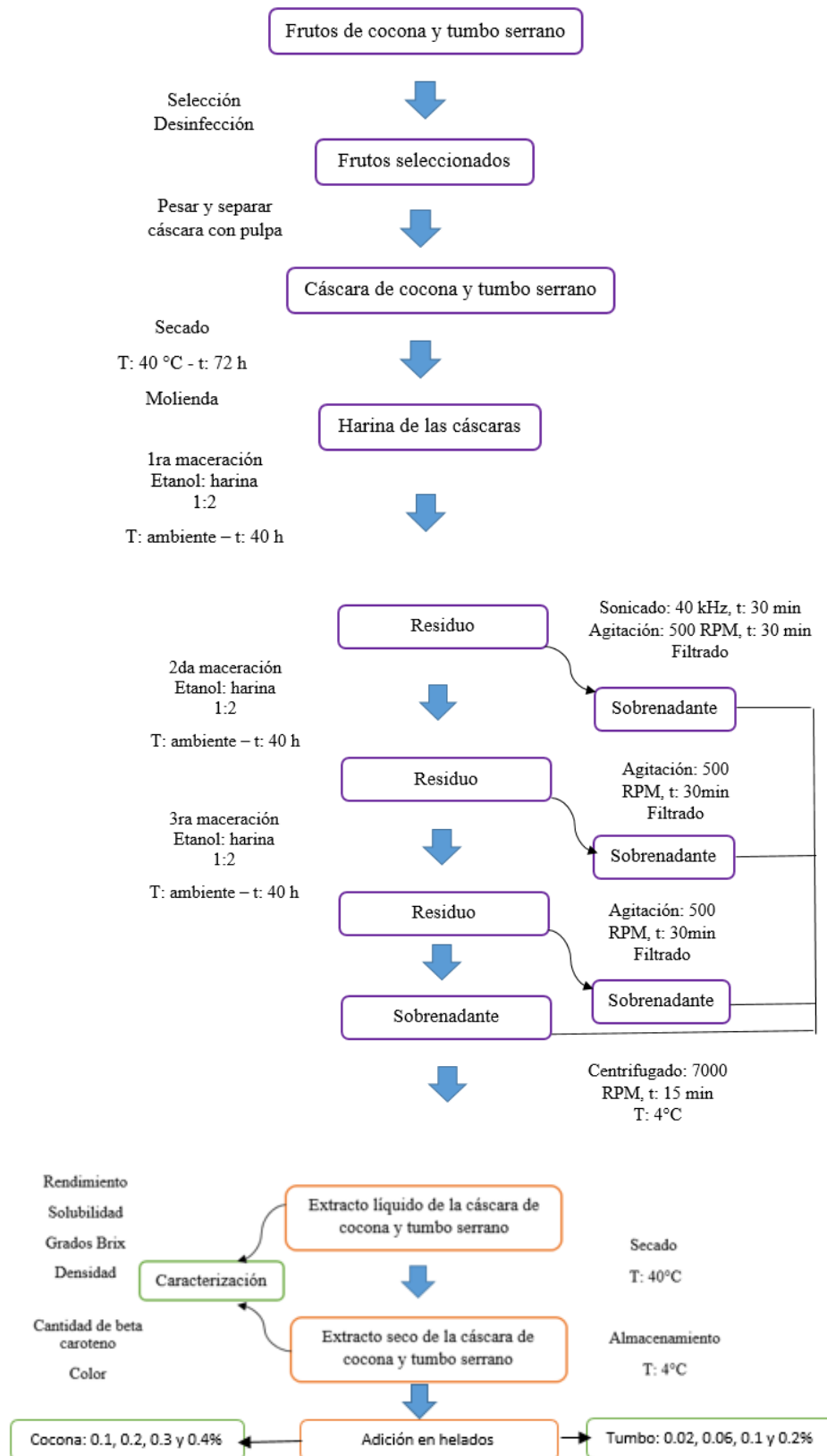
Condiciones del proceso de extracción de extractos carotenoides de las cáscaras de cocona y tumbo serrano.

	Unidades	Cocona	Tumbo serrano
Polvo de la cáscara	g	190.54	190.77
Cantidad de etanol absoluto	mL	761.00	761.00
Temperatura de maceración		Ambiente	
Tiempo de sonicación (40kHz)	min		30
Tiempo total de maceración	h		120
Tiempo total de agitación (500 RPM)	min		90

Fuente: Datos propios

Figura 19

Obtención de extractos carotenoides de las cáscaras de cocona y tumbo serrano



Elaboración: Propia

5.5.2. Caracterización de los extractos obtenidos a partir de las cáscaras

Se procedió a la caracterización de los extractos. Los resultados de cada análisis se realizó tomando valores promedios de 3 repeticiones.

A. Rendimiento de la obtención de extractos carotenoides

Se realizó el cálculo del rendimiento de la obtención mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{Rendimiento(cáscara)} = \frac{\text{Peso total de la cáscara}}{\text{Peso total de la fruta}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento(extracto seco)} = \frac{\text{Peso total del extracto seco}}{\text{Peso total de la cáscara seca}} \times 100$$

Para la determinación de grados Brix, solubilidad y densidad se utilizó el procedimiento descrito por Castro y Mendoza (2021) con algunas modificaciones.

B. Grado Brix

El refractómetro digital (POCKET ATAGO PAL-1) fue calibrado con agua destilada, luego se utilizó unas gotas de extracto líquido de cada muestra, la cual permitieron detectar el grado brix (anexo 2).

C. Solubilidad

Para el análisis de solubilidad de cada uno de los extractos secos de las cáscaras se empleó agua destilada, etanol y aceite vegetal, disolviendo una determinada cantidad de extracto carotenoides en 5 mL de solvente como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9*Análisis de solubilidad de los extractos carotenoides*

Tubo de ensayo	Solvente	Volumen (mL)	Cantidad de extracto (mg)
1	Agua destilada	5	7.6
2	Etanol	5	7.6
3	Aceite vegetal	5	7.6

Fuente: Datos propios

D. Densidad

Previamente se pesó el picnómetro vacío y luego con agua destilada (anexo 2). Se determinaron los pesos de cocona y tumbo serrano por triplicado.

Para hallar la densidad de los extractos se utilizó las siguientes ecuaciones:

$$\text{Masa de extracto} = w_1 - w_0$$

$$\text{Masa de agua} = w_2 - w_0$$

$$V \text{ (mL)} = \frac{\text{masa de agua}}{\text{densidad de agua}}$$

$$\rho \left(\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right) = \frac{\text{masa de extracto}}{\text{volumen}}$$

Donde:

W0 = Peso del picnómetro vacío (g)

W1 = Peso del picnómetro con el extracto (g)

W2 = Peso del picnómetro con agua (g)

E. Color

Para la determinación de color se utilizó el procedimiento descrito por Otálora (2019) con ligeras modificaciones. Se utilizó 200 mg de muestra de extracto seco de tumbo serrano y cocona y se disolvió en 100 mL de etanol. Para la medición de color se utilizó el colorímetro

marca NH300, con iluminante D65 y ángulo estándar (α) de 10^0 (anexo 3.b). Primero se calibró el equipo con un dispositivo blanco propio del colorímetro. Se procedió a colocar los extractos disueltos en las celdas de vidrio previamente lavadas y secas.

Se registraron el color en términos de luminosidad L^* ($L^* = 0$ para el negro y $L^* = 100$ para el blanco) y las coordenadas cromáticas a^* (+a color rojo; -a color verde) y b^* (+b color amarillo; -b color azul) del espacio CIELab.

A partir de los valores de las coordenadas cromáticas a^* y b^* se utilizaron para calcular el Cromo (C^*) que es el índice de pureza o saturación del color y el ángulo de hue (h°) o tono, mediante las siguientes ecuaciones:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$h^\circ = \tan^{-1}(b^* / a^*)$$

F. Cuantificación de betacarotenos de extractos de cáscaras de cocona y tumbo serrano por espectrofotometría.

Para cuantificar el contenido de betacarotenos en los extractos se utilizará el método establecido por Rodríguez y Kimura, 2004 con ligeras modificaciones.

1. En un tubo cónico se pesó en una balanza analítica para tarar. Con el uso de una espátula fina se pesó de 5 a 8 mg los extractos de tumbo y cocona.
2. Medir etanol absoluto hasta un volumen definido formando una solución homogénea con los extractos
3. Agitar manualmente en sentido horizontal y usar el agitador de tubos a una velocidad de 200 RPM hasta disolverse
4. Seleccionar la longitud de onda de 450 nm y calibrar el equipo espectrofotómetro (GENESYS 50) con etanol absoluto.

5. Luego, fueron medidas las absorbancias de las soluciones etanólicas de los extractos, por triplicado.

6. La concentración de β -caroteno de los extractos fueron determinados aplicando la ecuación descrita por Rodríguez y Kimura, 2004:

$$\text{Contenido total de betacarotenos (ug/g)} = \frac{A \times V \times Fd \times 10^4}{A_{1cm}^{1\%} \times m}$$

Donde:

A = absorbancia a 450 nm

V = volumen de etanol (mL)

Fd = factor de dilución

$A_{1cm}^{1\%}$ = 2620 es el coeficiente de extinción molar a una longitud de onda de 450 nm para una solución al 100% de β -caroteno en etanol.

m = masa de la muestra en (g)

En la tabla 10 se resumen los valores de masa y volumen que se utilizó durante la cuantificación de betacarotenos por espectrofotometría.

Tabla 10

Condiciones del proceso de cuantificación de betacarotenos de extractos carotenoides de las cáscaras de cocona y tumbo serrano por espectrofotometría.

Extracto carotenoide	masa extracto (mg)	Volumen (mL)	Fd
Cáscara de cocona	9.3	4.7	1
Cáscara de tumbo serrano	6.7	3.3	3

Fuente: Datos propios

5.5.3. Preparación de helados de crema a diferentes concentraciones de extractos carotenoides.

Los helados crema fueron preparados aplicando el proceso y usando los insumos las cuales se muestran en la tabla 11 y 12.

Se consideraron los procedimientos descritos por Eras (2013) y Anchivilca (2019) con algunas modificaciones que a continuación se detalla y se resume en el flujograma de la figura 20.

a. Proceso de elaboración del helado

- 1. Dosificación de los ingredientes:** Los ingredientes se pesaron según lo descrito en las tablas 10 y 11.
- 2. Homogeneización:** el agua previamente hervida se dejó enfriar a 40 °C y se añadió la leche en polvo agitando constantemente, al llegar a 55 °C se añadió la goma, el azúcar y glucosa, después de 10 minutos se adiciona la grasa vegetal y la lecitina. Se homogeneizó la mezcla hasta formar la textura de la base de helado.
- 3. Pasteurización:** la mezcla homogeneizada se sometió a 80 °C durante 20 segundos e inmediatamente se enfrió con agua fría con hielo hasta llegar a los 30 °C.
- 4. Licuado y agitación:** la mezcla se añadió la esencia de vainilla y se licuó para homogeneizar y se agitó con una batidora por 15 min.
- 5. Maduración:** la mezcla fue pasteurizada a una temperatura de 4 °C durante 10 minutos con agitación lenta.
- 6. Batido:** la mezcla se depositó en una batidora de helados durante 20 minutos hasta llegar a -7°C.

Tabla 11*Adición de extractos carotenoides de la cáscara de cocona en helados de crema.*

Insumos	F1	F2	F3	F4	F5
Extracto carotenoides (%)	0	0.1	0.2	0.3	0.4
Agua (%)	61.34	61.24	61.14	61.04	60.94
Leche en polvo (%)	11.57	11.57	11.57	11.57	11.57
Glucosa (%)	11.57	11.57	11.57	11.57	11.57
Azúcar blanca (%)	11.57	11.57	11.57	11.57	11.57
Grasa vegetal (%)	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45
Goma xantano (%)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Lecitina (%)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Esencia de vainilla (%)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

Elaboración propia

Fuente: Anchivilca 2019 con ligeras modificaciones

Tabla 12*Adición de extractos carotenoides de la cáscara de tumbo serrano en helados de crema.*

Insumos	F1	F2	F3	F4	F5
Extracto carotenoides (%)	0	0.02	0.06	0.1	0.2
Agua (%)	61.34	61.32	61.28	61.24	61.14
Leche en polvo (%)	11.57	11.57	11.57	11.57	11.57
Glucosa (%)	11.57	11.57	11.57	11.57	11.57
Azúcar blanca (%)	11.57	11.57	11.57	11.57	11.57
Grasa vegetal (%)	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45
Goma xantano (%)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Lecitina (%)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Esencia de vainilla (%)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

Elaboración propia

Fuente: Anchivilca 2019 con ligeras modificaciones

b. Adición de extractos carotenoides de cocona y tumbo serrano en los helados de crema para determinar las propiedades y estabilidad de color.

1. Adición del extracto carotenoide: 9 formulaciones por triplicado con sus respectivos envases se colocaron 100 g de helado de crema y se dejó derretir. Luego se procedió a realizar la medición de color mediante el sistema CIELab. Los envases 1 al 4 fueron destinados para añadir las concentraciones 0.1%, 0.2%, 0.3% y 0.4 % de extracto de cáscara cocona y los envases 5 al 8 para añadir las concentraciones 0.02 %, 0.06 %, 0.1 % y 0.2 % de extracto de cáscara de tumbo serrano, se homogeneizó mediante un agitador magnético hasta que no queden partículas de extractos y el envase 9 contiene helado de crema sin extracto (blanco control) y los 9 envases fueron colocados a una temperatura de -12 °C para su respectivo análisis colorimétrico.

1.1. Determinar el efecto de la adición de extractos carotenoides de las cáscaras de cocona y tumbo serrano sobre las propiedades de color en helados de crema.

Se determinó el color en el sistema CIELab de cada formulación de helado de crema, utilizando los procedimientos descritos por Otálora (2019) y Aguilar (2020), usando un colorímetro marca NH300 con iluminante D65 y ángulo estándar (α) de 10^0 (anexo 3.b), previamente calibrada con un dispositivo blanco propio del equipo. Cada formulación de helado se colocó en una celda de vidrio de cuarzo previamente lavada y seca, luego se llevó a una temperatura de -12°C y posteriormente se procedió a medir por triplicado.

Se registraron los valores de color en términos de luminosidad L^* ($L^* = 0$ para el negro y $L^* = 100$ para el blanco) y las coordenadas cromáticas a^* (+a color rojo; -a color verde) y b^* (+b color amarillo; -b color azul) del espacio CIELab se realizó por triplicado. A partir de los valores de las coordenadas cromáticas a^* y b^* se utilizaron para calcular el Cromo (C^*) que es el índice de pureza o saturación del color y el ángulo de hue (h^{o*}) o tono, mediante las siguientes ecuaciones:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$h^\circ = \tan^{-1}(b^* / a^*)$$

1.1.1. Determinar la concentración de extractos carotenoides de cocona y tumbo serrano necesario para alcanzar las propiedades de color del helado de vainilla comercial.

Se realizó el mismo procedimiento que la etapa anterior, con la excepción que se registraron los valores de color del helado comercial de vainilla que presenta tartrazina como colorante en términos de luminosidad, coordenadas a^* y b^* .

Para calcular la diferencial de color entre las muestras, se utilizó la siguiente ecuación descrito por Cafferata (2017).

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Donde:

ΔE^* : Diferencial de color

ΔL^* : Diferencial de luminosidad de los extractos a diferentes % con el helado comercial ($L_1 - L_0$)

Δa^* : Diferencial de coordenada a^* de los extractos a diferentes % con el helado comercial ($a^*_1 - a^*_0$)

Δb^* : Diferencial de coordenada b^* de los extractos a diferentes % con el helado comercial ($b^*_1 - b^*_0$)

- 2. Estabilidad:** los 9 envases con su respectivo triplicado fueron colocados a una temperatura de $-12\text{ }^\circ\text{C}$ para su almacenamiento, iniciando la prueba de estabilidad registrando los valores del sistema CIELab en los tiempos de 0 (valores previamente registrados en la etapa de adición de extracto), 5 y 10 días.

2.1. Determinar el efecto de la adición de extractos carotenoides de las cáscaras de cocona y tumbo serrano sobre la estabilidad de color en helados de crema.

Se midió la diferencia de color entre los tiempos 0, 5 y 10 días por triplicado. Se midieron el color de las muestras una sola vez para obtener resultados más verídicos ya que su constante manipulación influye en la pérdida de color del helado de crema.

Para evaluar los periodos de tiempo de cambio de color se utilizó el procedimiento descrito por Cabrera y Lustre (2021) con ligeras modificaciones. Las coordenadas a* y b* y luminosidad, se obtuvo la diferencia de color durante el almacenamiento de las formulaciones mediante la siguiente ecuación establecida por Cafferata (2017).

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Donde:

ΔE^* : Diferencial de color

ΔL^* : Diferencial de luminosidad del día 0 con el día 5 y 10 ($L_1 - L_0$)

Δa^* : Diferencial de coordena a* del día 0 con el día 5 y 10 ($a^*_1 - a^*_0$)

Δb^* : Diferencial de coordena b* del día 0 con el día 5 y 10 ($b^*_1 - b^*_0$)

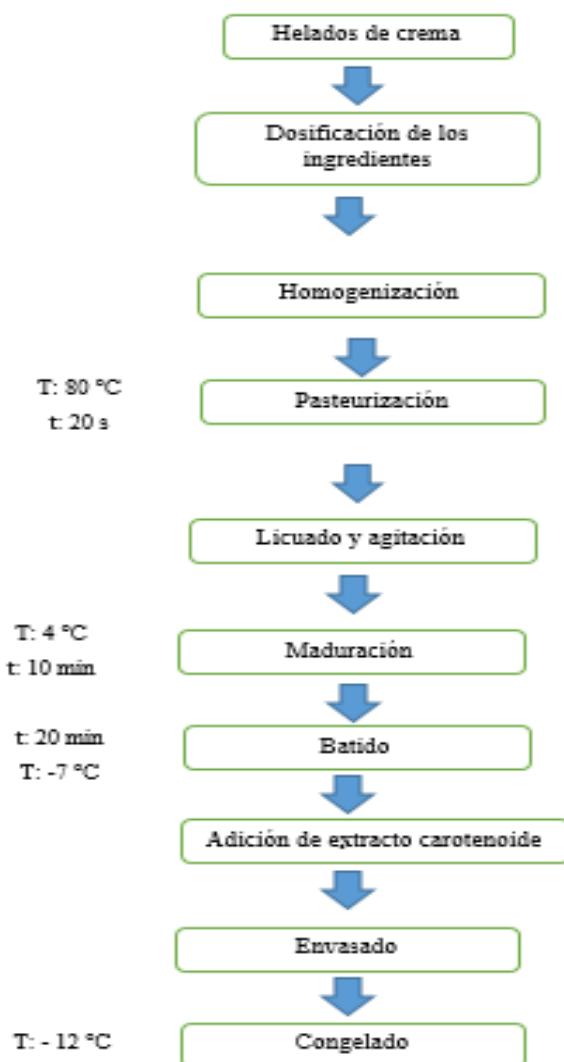
2.1.1. Determinar los límites de tolerancia de diferencial de color (ΔE^*) de calidad de helados de crema adicionados extractos carotenoides de cáscaras de cocona y tumbo serrano durante los días 5 y 10.

Se utilizó la norma ISO 12647-2:2016 descrito por Ruiz (2023), que indica los límites de tolerancia para la diferencial de color ΔE^* de calidad, siendo los siguientes parámetros:

- 1 = excelente
- 1 - 2 = buena
- 2 - 4 = normal
- 4 - 5 = suficiente
- >5 = mala

Figura 20

Preparación de helados de crema a diferentes concentraciones de extractos carotenoides.



Elaboración propia

4.6. Análisis estadístico

Se analizarán en el Software STATGRAPHIC CENTURION XVI. Se generó el análisis de varianza (ANOVA) para establecer los términos del modelo y los factores significativos sobre cada variable (luminosidad, las coordenadas cromáticas del color, la saturación, tono y la diferencial de color) y el P - valor a un intervalo de confianza de 95% ($p \leq 0.05$). Asimismo se aplicará test múltiple Tukey a nivel de significancia $P < 0,05$.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Rendimiento de la extracción de carotenoides.

La tabla 13 exhibe resultados de rendimientos de cáscara en función al fruto total en ese sentido, el rendimiento de cáscara de tumbo fue 27.49 %, mayor que la cáscara de cocona 13.8%.

Además se observa los rendimientos de extracto seco en función a la cáscara, el rendimiento de extracto seco de cáscara de cocona es mayor siendo 6.99 % a comparación del tumbo serrano que es de 5.03 %.

Tabla 13

Rendimientos de cáscaras y extractos de la cocona y tumbo serrano

Respuesta	Unidades	Cocona	Tumbo
Peso total de la fruta	g	11029.13	5289.77
Peso total de la cáscara	g	1443.12	1454.37
Peso total de la cáscara seca	g	190.77	190.54
Rendimiento de cáscara	%	13.08	27.49
Peso del extracto seco	g	13.33	9.59
Rendimiento de extracto seco	%	6.99	5.03

Fuente: Datos propios

El uso del solvente para extraer carotenos a partir de cáscaras y pulpas es muy variado desde n-hexano, cloroformo, etanol (Espinosa, 2020). Respecto al rendimiento de tumbo serrano fue elevado en comparación a lo reportado por Rojas (2023) que presentó 3.64 %, es decir estas diferencias se deberían al tiempo de extracción que fue de 72 h y el solvente (etanol 70 %), coincidiendo con el empleo del baño de sonicación.

Ingold et., al (2016) manifiesta la ventaja de usar etanol es un solvente amigable se puede volatilizar de manera rápida, coincidiendo con Rubio et., al (2017) que indicó que usando el etanol manifiesta la obtención de mayor cantidad de compuestos fitoquímicos.

Mientras que Catalán (2016) tuvo 4.56 % rendimiento de extracto carotenoide de cáscara de banana en condiciones: cáscara fresca, 2 horas de extracción, no usaron baños de sonicación y la cáscara fue triturada pero no pulverizada. Estas condiciones probablemente bajaron el rendimiento en comparación con el presente estudio.

5.2. Caracterización de extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona y tumbo serrano.

5.2.1. Grados Brix

La tabla 14 muestra que el grado brix del extracto carotenoide de cáscara de cocona fue mayor a comparación del extracto carotenoide de la cáscara de tumbo, esta se debería a mayor contenido de sólidos solubles y por lo tanto el mayor rendimiento corresponde al extracto de cocona, teniendo ambas muestras las mismas condiciones de extracción. Esta interpretación coincide con Castro y Mendoza (2021) que reportan 20.5° y 26.8° Brix de extractos etanólicos de cáscaras de uva y mandarina respectivamente, indicando que esto depende del proceso de secado de las cáscaras, ya que se acumula mayor contenido de sus solutos.

Tabla 14***Grados Brix de los extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona y tumbo serrano***

Extracto seco de cáscara	Grados Brix (°)
Cocona	22.83 ± 0.06
Tumbo serrano	19.40 ± 0.10

Fuente: Datos propios

En tanto Beltrán y Piedra (2017), manifiestan que los sólidos solubles cambian en función al estado de maduración de la fruta, mientras el fruto se encuentre más maduro presentará mayor cantidad de sólidos solubles.

5.2.2. Solubilidad

En la tabla 15 se observa los resultados de la prueba de solubilidad de los extractos de cocona y tumbo serrano con distintos solventes.

Tabla 15***Solubilidad de los extractos carotenoides en diversos solventes***

Tubo de ensayo	Solvente	mg/mL	Extracto de cáscara de cocona	Extracto de cáscara de tumbo
1	Agua destilada	1.52	+	-
2	Etanol	1.52	++	++
3	Aceite vegetal	1.52	+	++

Donde: (-) insoluble, (+) poco soluble (++) soluble

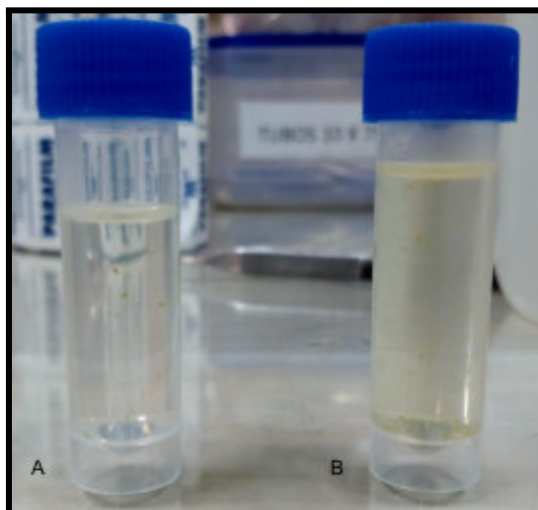
Fuente: Datos propios

a. Agua destilada

El extracto carotenoide de tumbo serrano es totalmente insoluble en agua destilada a comparación del extracto de cocona que es poco soluble (figura 21).

Figura 21

Solubilidad de los extractos carotenoides en agua destilada.



Nota: A: cocona - B: tumbo serrano

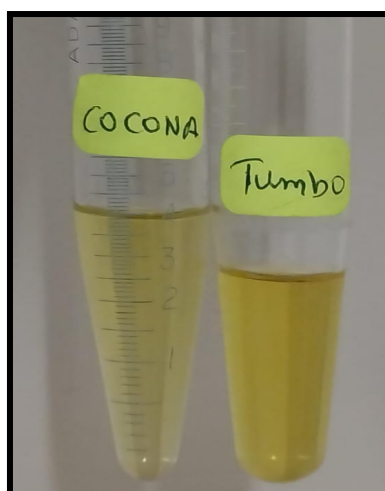
Fuente: Propia

b. Etanol

El extracto carotenoides de cocona es totalmente soluble en etanol, siendo fácil su dilución teniendo un tiempo menor de agitación a comparación del extracto de tumbo serrano que es soluble en etanol pero se requirió más tiempo de agitación para disolverlo completamente (figura 22). Según Bartolomé (2013), reporta que la solubilidad del β -caroteno tuvo 0.40 mg/mL en etanol a 30 °C.

Figura 22

Solubilidad de los extractos carotenoides en etanol



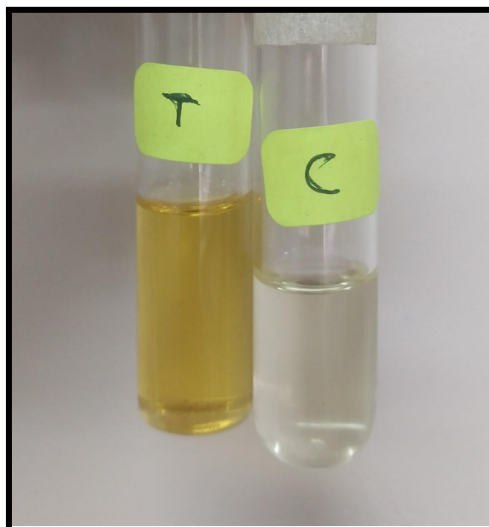
Fuente: Propia

c. Aceite vegetal

El extracto carotenoide de tumbo serrano aceite es totalmente soluble en aceite a comparación del extracto de cocona que es poco soluble en aceite, se requirió más tiempo de agitación para solubilizar completamente. (figura 23)

Figura 23

Solubilidad de los extractos carotenoides en aceite



Fuente: Propia

De acuerdo Espinoza y Robles (2021), revelaron que el extracto de cáscara de cocona fue altamente soluble en etanol 96%, poco soluble en cloroformo e insoluble en agua destilada. En tanto, Catalán (2016), indica que los betacarotenos son compuestos lipídicos, insolubles en agua y altamente solubles en solventes orgánicos, por lo tanto, la solubilidad del betacaroteno aumenta al disminuir la polaridad concluyendo que la polaridad del disolvente es inversamente proporcional a la concentración.

5.2.3. Densidad

La tabla 16 muestra que el extracto carotenoide de las cáscaras de cocona presentó mayor densidad a comparación del extracto carotenoide del tumbo serrano.

Tabla 16

Densidad de los extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona y tumbo serrano

Respuesta	Unidades	Cáscara de cocona	Cáscara de tumbo serrano
Peso extracto y picnómetro	g	53.15	52.88
Peso picnómetro vacío	g	33.21	33.21
Peso picnómetro y agua	g	57.66	57.66
Masa del extracto	g	19.94	19.66
Masa del agua	g	24.45	24.45
Densidad del agua (T = 20°C)	g/mL	0.9982	0.9982
Densidad del extracto	g/mL	0.8141	0.8026

Fuente: Datos propios

Ambos extractos carotenoides presentan una densidad mayor al etanol 0.7897 g/mL a 20 °C y menor a la densidad del agua 0.9982 g/mL a 20 °C. (Madrid et., al 2015). Resultados similares presentó Catalán (2016) cuya densidad del extracto etanólico de beta caroteno de la cáscara de banano presentó 0.8406 g/mL. La interpretación de los resultados se fundamenta de acuerdo a lo manifestado por Coba et., al (2019), que indica que los colorantes naturales presentan densidades menores al agua y superiores en etanol, esto se debe a su elevada cantidad de sustancias solubles o compuestos fitoquímicos. Asimismo indica Rojas (2023), que los extractos etanólicos de cáscara de tumbo serrano presentaron polifenoles y flavonoides totales.

5.2.4. Color

En la tabla 17 se indica que el color de los extractos carotenoides de tumbo serrano en términos de luminosidad y tono (h^{*}) fue menor al extracto carotenoide de cocona. Mientras

que en términos de coordenadas cromáticas a^* , b^* y saturación (C^*) el extracto carotenoide de tumbo serrano fue mayor al extracto carotenoide de cocona.

Tabla 17

Color de los extractos carotenoides de cáscaras de cocona y tumbo serrano

Extracto seco de cáscara	L*	a*	b*	C*	h^{o*}
Cocona	21.95 ± 1.34	1.55 ± 0.03	10.81 ± 0.09	11.10 ± 0.10	81.84 ± 0.15
Tumbo serrano	20.21 ± 0.02	2.53 ± 0.02	12.41 ± 0.02	12.51 ± 0.10	78.47 ± 0.14

Fuente: Datos propios

El tono (h^{o*}) del extracto carotenoide de tumbo serrano es menor fue 78.48° que corresponde a tonalidad amarillo anaranjado a comparación del extracto de cocona que presenta una tonalidad más clara. Según indica Tesillo (2022), valores de tono más cerca a los 90° presentan coloración amarilla y mientras más se reduce tienden a ser más rojizo, teniendo como término medio el color naranja, además Povich (2019), confirma que los betacarotenos brindan un color anaranjado en alimentos.

Ramírez (2022), menciona que las coordenadas a y b del espacio CIELab representan a los colores verde - rojo y azul - amarillo respectivamente depende si son negativos o positivos, se deduce que ambos extractos presentan valores positivos de a^* y b^* por su contenido de pigmentos carotenoides.

Además el color está influenciado por la oxidación de carotenoides, según indica Povich (2019), la oxidación de los compuestos carotenoides ocurre de forma no enzimática o enzimática por las lipoxigenasas coincidiendo con Meléndez-Martínez (2004), que la oxidación se presenta mayormente durante el secado. En el presente estudio el proceso de secado se realizó en oscuridad a 40°C y se cubrió con papel aluminio.

Beltrán y Piedra (2017), midieron el color del extracto obtenido de la cáscara de maracuyá presentando los siguientes parámetros: $L = 10.24$, $a^* = 0.28$, $b^* = 7.13$, $C^* = 7.14$ y

$h^{\circ*} = 87.73$, este valor de $h^{\circ*}$ está cercano al valor de la cocona 81.84° coincidiendo ambas muestras a la zona amarilla.

Se podría inducir que el extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano presenta mayor cantidad de betacarotenos que el extracto carotenoide de cáscara de cocona.

5.2.5. Cuantificación de carotenoides de extractos de cáscaras de cocona y tumbo serrano por espectrofotometría.

La tabla 18 muestra los resultados de la cantidad en equivalentes de betacaroteno de los extractos y se reporta que el extracto de cáscara de tumbo serrano presenta mayor cantidad de betacarotenos que el extracto de cáscara de cocona.

Tabla 18

Equivalente de betacarotenos de extractos carotenoides de cáscara de cocona y tumbo serrano

Extracto carotenoide	Absorbancia	mg betacaroteno/g extracto seco	μg betacaroteno/g de cáscara	Promedio (μg betacaroteno/g de cáscara)
Cáscara de cocona	0.549	1.0590	10.53	10.43 \pm 0.10
	0.539	1.0397	10.34	
	0.543	1.0474	10.42	
Cáscara de tumbo serrano	0.573	3.2315	30.20	30.02 \pm 0.19
	0.570	3.2147	30.03	
	0.566	3.1921	29.83	

Fuente: Datos propios

Estos resultados muestran que los betacarotenos de cáscara de cocona fue $10.43 \pm 0.10 \mu\text{g/g}$ fue mayor a lo reportado por Beltrán y Piedra (2017), menciona que los betacarotenos de las cáscaras de maracuyá fue $10.38 \mu\text{g/g}$ y plátano $1.86 \mu\text{g/g}$, mientras que García (2017), encuentra que los betacarotenos de cáscara de mango tuvo $18.8 \mu\text{g/g}$, esto se

debería a la naturaleza de las cáscaras del fruto y además de la metodología del proceso de extracción, que en nuestro caso se mejora la extracción usando un baño sonicador.

Otálora (2019), indica que el proceso de sonicación es muy eficiente, esto se debe al proceso de cavitación originadas por ondas ultrasónicas, facilitando la ruptura de la pared celular y su extracción, elevando el contenido de carotenoides.

Respecto a la cantidad de betacarotenos en la cáscara de tumbo serrano fue de $30.02 \pm 0.19 \mu\text{g/g}$, resultados similares presentó Gupioc (2022), que cuantificó carotenoides totales de la cáscara de tumbo serrano teniendo valores de $31.27 \mu\text{g/g}$ en estado maduro y $24.33 \mu\text{g/g}$ en estado verde.

La variación de cantidad de carotenoides según Castro y Mendoza (2021), se debe a varios factores desde la extracción (tiempo, solvente y método) y el estado de maduración del fruto, coincidiendo con Gebregziabher et., al (2023), indicando que la madurez de un fruto tiene efecto en la cantidad de carotenoides, es decir, estos aumentan considerablemente durante la maduración.

5.3. Efecto de la adición de extractos carotenoides de las cáscaras de cocona y tumbo serrano sobre las propiedades de color en helados de crema.

La adición de diferentes concentraciones de extractos carotenoides obtenido de las cáscaras de cocona y tumbo serrano en los helados de crema presentaron diferencias altamente significativas para los valores de: Luminosidad (L^*), coordenadas a^* y b^* , tono (h°) y saturación (C^*).

Sin embargo, las concentraciones 0.02 y 0.06 % de extracto de tumbo serrano en valores de luminosidad no presentaron diferencias significativas pero sí una disminución, como se muestran en las tablas 19 y 20.

Tabla 19

Análisis colorimétrico de la muestra de helado de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona.

Valores colorimétricos	Extracto carotenoide (%)					Valor-P
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	
L*	48.90a±0.19	44.34b±0.01	43.88c±0.02	42.67d±0.05	41.73e±0.19	<0.0001
a*	-0.43a±0.01	0.97b±0.02	1.27c±0.01	2.15d±0.02	2.56e±0.03	<0.0001
b*	5.77a±0.05	9.92b±0.02	12.40c±0.02	13.88d±0.06	14.17e±0.02	<0.0001
C*	5.78a±0.05	9.97b±0.02	12.47c±0.02	14.05d±0.06	14.40e±0.02	<0.0001
h°*	94.25a±0.09	84.43b±0.08	84.14c±0.03	81.18d±0.08	76.76e±0.10	<0.0001

P. >0,05 no hay diferencias significativas

Fuente: Datos propios

P. <0,05 hay diferencias significativas

P. <0,01 hay diferencias altamente significativas

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Tabla 20

Análisis colorimétrico de la muestra de helado de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano.

Valores colorimétricos	Extracto carotenoide (%)					Valor-P
	0	0.02	0.06	0.1	0.2	
L*	48.90a±0.19	45.06b±0.19	44.46b±0.68	43.19c±0.10	39.65d±0.32	<0.0001
a*	-0.43a±0.01	1.06b±0.02	2.13c±0.02	3.03d±0.02	4.24e±0.01	<0.0001
b*	5.77a±0.05	9.55b±0.01	11.98c±0.05	14.14d±0.02	14.96e±0.09	<0.0001
C*	5.78a±0.05	9.61b±0.01	12.17c±0.05	14.46d±0.01	15.21e±0.64	<0.0001
h°*	94.25a±0.09	84.98b±2.38	79.93c±0.14	77.89d±0.07	74.17e±0.12	<0.0001

P. >0,05 no hay diferencias significativas

Fuente: Datos propios

P. <0,05 hay diferencias significativas

P. <0,01 hay diferencias altamente significativas

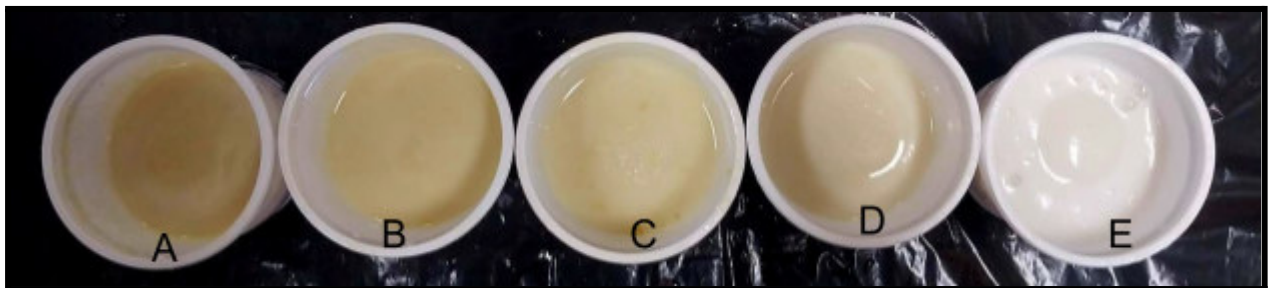
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

La figura 24, se exhibe que los extractos se dispersaron de manera homogénea en los helados de crema, además de brindar un color amarillo y cada vez que se aumentó la concentración, aumentó la saturación es decir la pureza del color, siendo más cromático, esto se debe al betacaroteno que contienen los extractos, esta dispersión es fundamentada por Abrate (2017), que menciona que el betacaroteno brinda un tono amarillo a la grasa de leche en los helados, que en nuestro caso se usó grasa vegetal, esto se debe que el betacaroteno tiene alta solubilidad en medios oleosos.

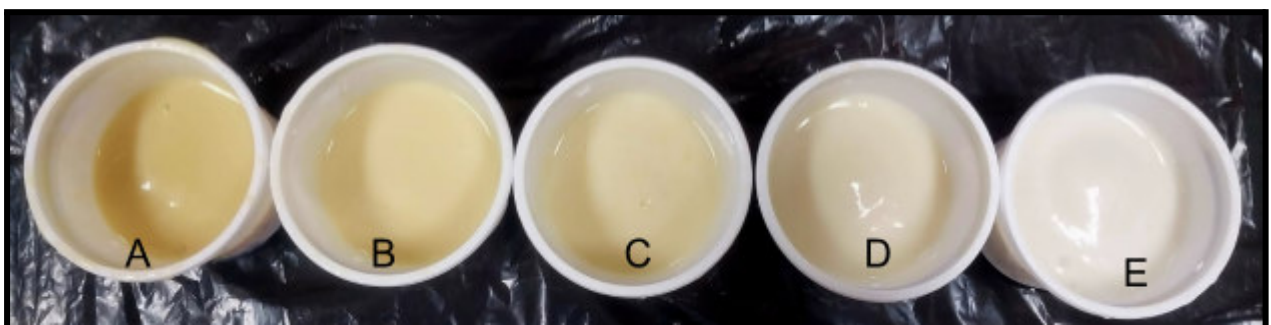
El blanco control (E) fue medido para la evaluar la variación de las propiedades de color de los extractos carotenoides de las cáscaras de cocona y tumbo serrano en helados de crema.

Figura 24

Adición de extractos carotenoides de cáscara de cocona y tumbo serrano en helados de crema.



Nota: Cocona. A: 0.4%, B: 0.3 %, C: 0.2 %, D: 0.1 % y E: 0 %
Fuente: Elaboración propia

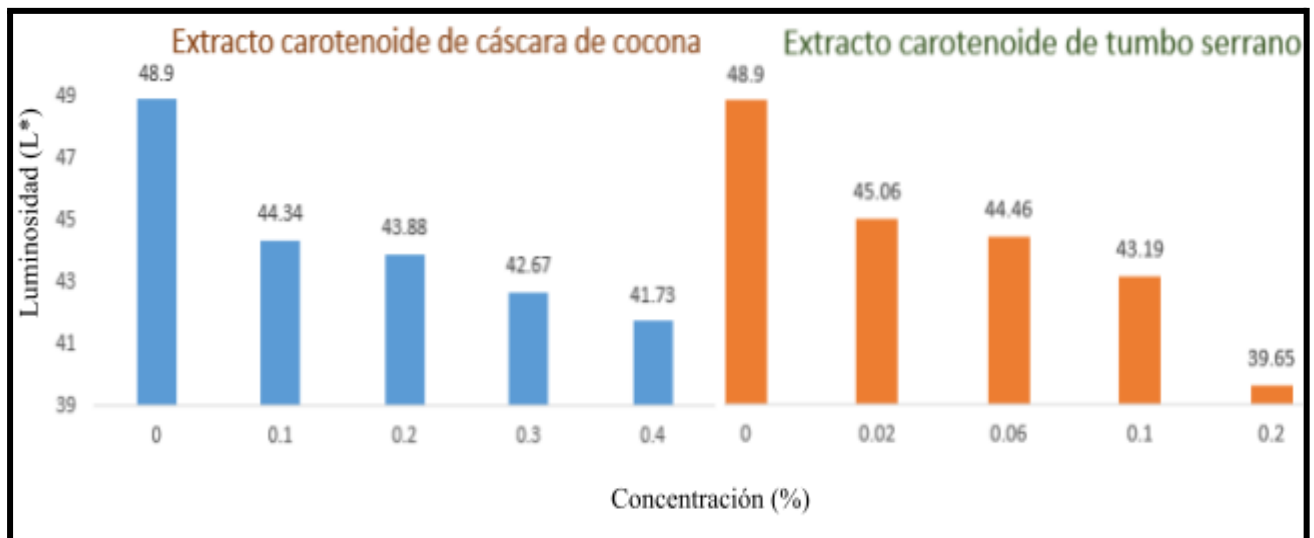


Nota: Tumbo serrano. A: 0.2%, B: 0.1 %, C: 0.06 %, D: 0.02 % y E: 0 %
Fuente: Elaboración propia

En la figura 25, tabla 19 y 20 muestra que la luminosidad varió entre 48.90 a 41.73 para helados de crema con adición de extracto carotenoides de cocona entre 0 a 0.4%, la luminosidad varió entre 48.90 a 39.65 para helados de crema con adición de extracto carotenoides de tumbo serrano entre 0 a 0.2%, se interpreta en ambos casos que se oscurece progresivamente en relación a las concentraciones de extractos. Los datos adicionales se reportan en los anexos 4 y 9.

Figura 25

Efecto de la adición de extractos carotenoides en la luminosidad de helados de crema



Fuente: Elaboración propia

El mismo comportamiento respecto a la luminosidad fue reportado por Aguirre (2016), donde evaluó el efecto de la adición de pulpa de lúcuma sobre los parámetros de color en muffins, indicando que a medida aumentaba el porcentaje de adición de lúcuma 10 %, 20 % y 30 % partiendo de una muestra control de 0 %, la luminosidad disminuía, cuyos valores bajaron de 77.66 a 51.16.

Lustre y Cabrera (2021) indican que a medida utilizan más colorante en los productos tienden a ser más oscuros disminuyendo su luminosidad, coincidiendo con Chacón et., al (2016), que la luminosidad cercana a 100 tiende a ser más blanco a comparación cuando se aleja de 100 tiende a ser menos blanco, es por ello, que a medida se adiciona mayor

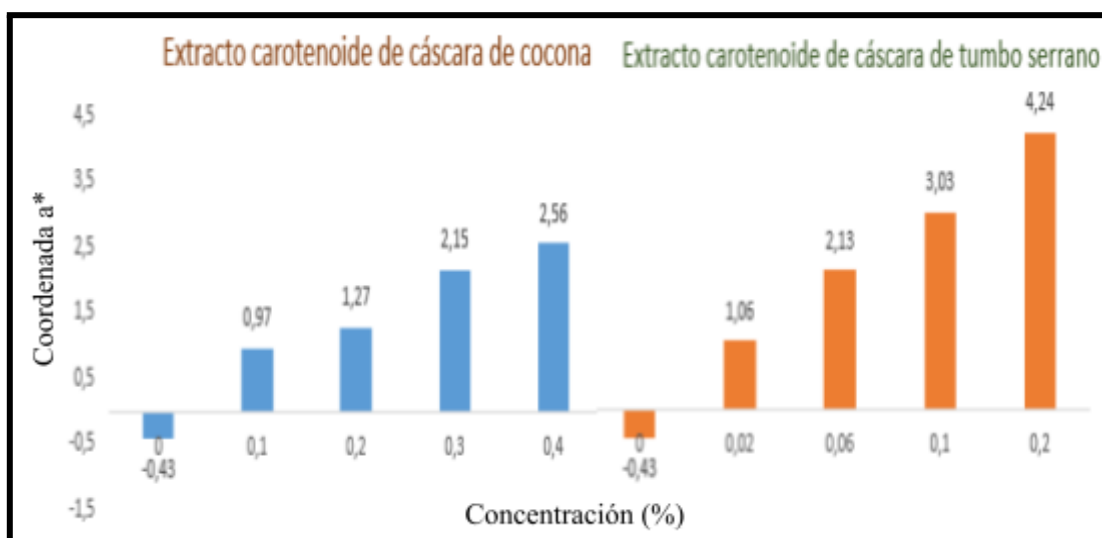
concentración de extractos carotenoides los helados de crema tienden a pintar y disminuir su luminosidad.

El extracto de cocona presentó términos de luminosidad más diferencial que el extracto de tumbo serrano, esto se debe a que se utilizó mucha concentración de extracto, que además de carotenoides presentan otros compuestos como menciona Espinoza y Robles (2021), que los extractos etanólicos de cáscara de cocona presentaron grasas y compuestos fenólicos, las cuales según Barrón (2021), indica que las polifenoloxidasas son activadas por el contacto del oxígeno con la fruta, capaces de oxidar a ciertos compuestos fenoles provocando su pardeamiento con una coloración marrón, además en el proceso de escaldado de la cocona sus cáscaras cambiaron de un color amarillo a marrón por ser muy sensible, siendo uno de los factores probables en la luminosidad de los extractos.

En la Figura 26, tabla 19 y 20, se muestra el comportamiento de la coordenada a^* en helados crema, donde se adicionó concentraciones de extractos carotenoides de cocona entre 0 a 0.4 % aumentando la coordenada a^* de -0.43 a 2.56 y adicionando concentraciones de extractos de tumbo serrano entre 0 a 0.2 % aumentando la coordenada a^* de -0.43 a 4.24. Asimismo, se observa los datos de la coordenada b^* (figura 27), manifestando una tendencia de incremento de la coordenada b^* de 5.77 a 14.17 en extracto de cocona y 5.77 a 14.96 en extracto de tumbo serrano. Los comportamientos de las coordenadas a^* y b^* se interpreta que en ambos casos tornan a presentar colores amarillo y rojo en el espacio CIELab. Los datos adicionales se reportan en los Anexos 5, 6, 10 y 11.

Figura 26

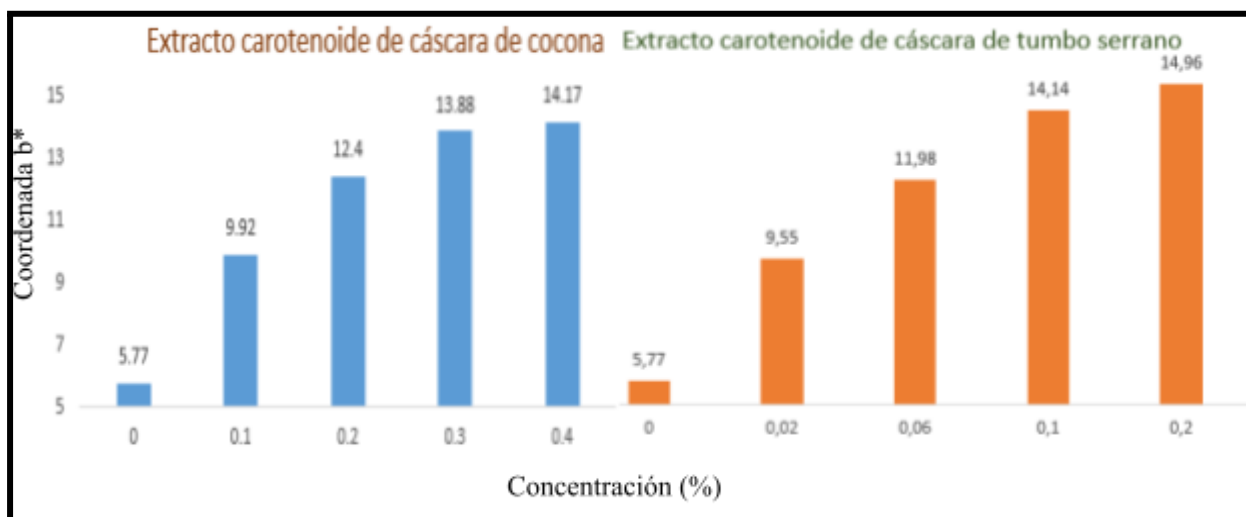
Efecto de la adición de extractos carotenoides en la coordenada a de helados de crema.*



Fuente: Elaboración propia

Figura 27

Efecto de la adición de extractos carotenoides en la coordenada b de helados de crema.*



Fuente: Elaboración propia

Los resultados del presente estudio tienen similar efecto según lo reportado por Aguilar (2020), que adiciona extracto carotenoides del pimentón en salchichas al 0.2, 0.4 y 0.6 % partiendo de una muestra control 0 %, las coordenadas a* y b* aumentaban de 45.52 a 46.76 y 17.32 a 21.08 respectivamente.

Las coordenadas cromáticas a^* positiva representa al rojo y si es negativa al verde y la coordenada b^* positivo representa al amarillo y si es negativa al azul (Pau, 2017).

García (2017), indica que los valores positivos de a^* y b^* que presentan tonalidad rojas-amarillas en los alimentos, está vinculado a la composición de carotenoides, mientras la coordenada b^* aumenta sus valores, el alimento se orienta a ser más amarillento y esto se debe al contenido de carotenoides mientras que Rojas-Garbanzo et al., (2016), manifiesta que el aumento de valores de la coordenada a^* , se interpreta que el alimento posee gran número de carotenoides.

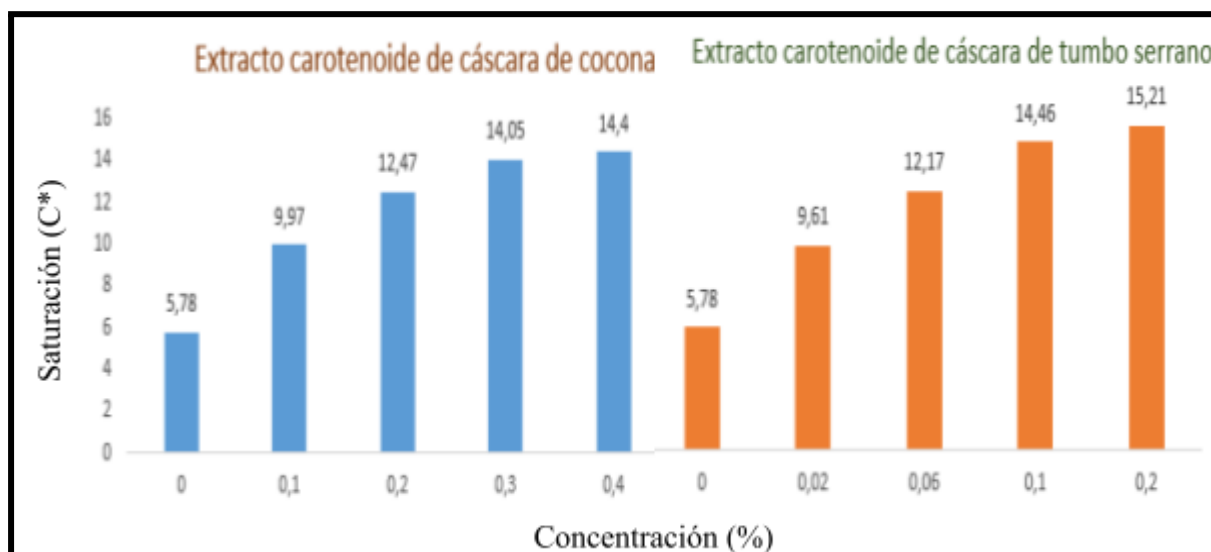
En términos de la coordenada b^* los dos extractos presentaron valores cercanos, esto gracias a los carotenoides presentes, pero en la coordenada a^* el tumbo serrano presentó valores más altos, esto se debe que presenta mayor cantidad de betacarotenos, responsables del color naranja en los alimentos (Padrón et al., 2012).

En el presente estudio los valores de las coordenadas a^* y b^* se evidencia el efecto por la presencia de carotenoides.

En la figura 28, tabla 19 y 20, se muestra el comportamiento de la saturación (C^*) en helados crema, donde se adiciono concentraciones de extractos carotenoides de cocona entre 0 a 0.4 % aumentando la saturación de 5.78 a 14.40 y en tanto que la adición de concentraciones de extractos de tumbo serrano entre 0 a 0.2 % aumentando la saturación de 5.78 a 15.21. Los datos adicionales se reportan en los anexos 7 y 12.

Figura 28

Efecto de la adición de extractos carotenoides en la saturación (C) de helados de crema*



Fuente: Elaboración propia

La interpretación de los resultados de saturación lo fundamentamos con los reportes de Valdés et al., (2023), indica que la saturación es el índice de pureza o intensidad de color coincidiendo lo referido con Aguilar (2020), que la unión de las coordenadas cromáticas a^* y b^* definen la saturación y a lado de la luminosidad determinan el color de un objeto.

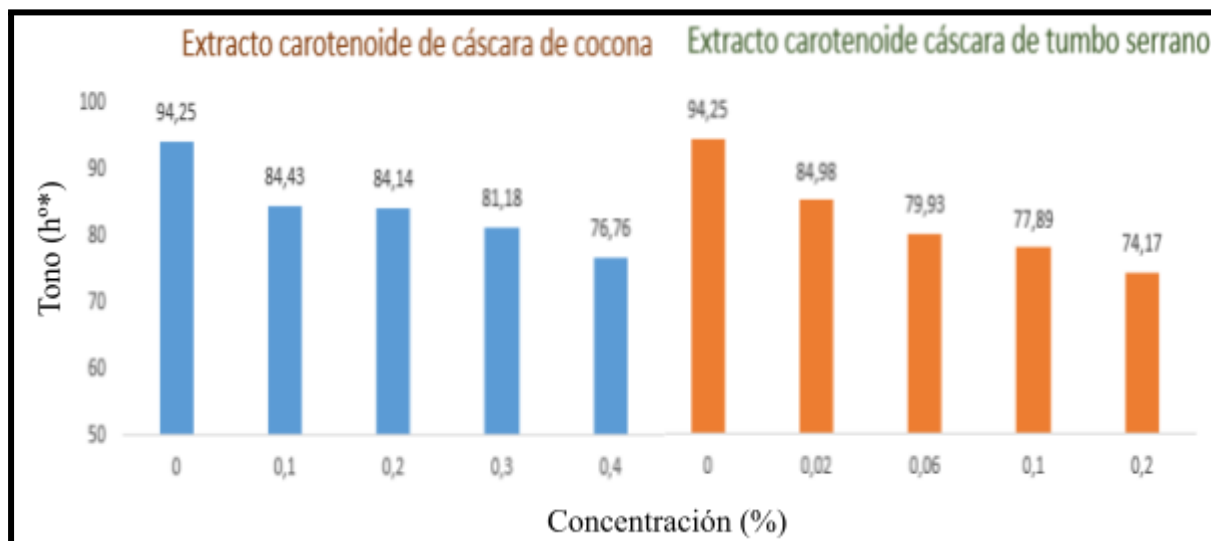
Es por ello que los valores de saturación o cromaticidad (C^*) aumentan a medida aumenta la concentración de extractos esto se debe, que los helados presentaron un color más amarillo y ligeramente rojizo. Córdova (2017), informa que si los valores de saturación aumentan en las frutas indica que muestran colores más cromáticos, en otras palabras más vivos. Cassasa y Sari (2007), mencionan que valores de saturación (C^*) mayores o cercanos a 50 son colores cromáticos. Aunque mis valores no alcanzaron valores cercanos a 50, si aumentaron los colores cromáticos considerando que la base inicial de helado de vainilla sin colorante preparado en el laboratorio su C^* fue de 5.78.

En la figura 29, tabla 19 y 20, se muestra el comportamiento del tono (h°) en helados de crema, donde se adiciono concentraciones de extractos carotenoides de cocona entre 0 a 0.4 % disminuyendo el tono de 94.25° a 76.76° y en tanto que la adición concentraciones de

extractos de tumbo serrano entre 0 a 0.2 % disminuyendo el tono de 94.25° a 74.17°. Los datos adicionales se reportan en los anexos 8 y 13.

Figura 29

Efecto de la adición de extractos carotenoides en el tono (h^{0}) de helados de crema.*



Fuente: Elaboración propia

La interpretación de los resultados y el comportamiento de la propiedad fue comparado con el reporte Pérez (2019), presentó valores de tono en batidos de piña, manzana y zanahoria siendo de 88.09°, 90.09° y 51.58° respectivamente, siendo los dos primeros tonos correspondientes al color amarillo y el tercer tono correspondiente al color naranja. En el presente estudio los valores de tono entre 74.17° a 84.97° coincidieron con la tonalidad de batidos de piña y manzana

Es por ello a medida que aumenta la concentración de extractos en helados de crema la tonalidad disminuye, esto se debe que cada vez tienden a ser un color amarillo anaranjado alejándose del ángulo 90° y más cerca al ángulo 50 ° correspondientes al color naranja al espacio CIELab, esto se debería a la presencia de una variedad de pigmentos carotenoides como el betacaroteno que contiene los extractos de cáscaras de cocona y tumbo serrano, coincidiendo con Povis (2019), que indica que los betacarotenos brindan un color anaranjado en alimentos.

Los resultados del presente estudio evidencia y fundamenta la validez de las hipótesis específicas 1 y 2, que la adición de extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona y tumbo serrano si tienen efecto sobre las propiedades de color en helados de crema, es decir que a medida aumenta la concentración de extractos carotenoides disminuye la luminosidad (L^*) y el tono (h°) aumentando las coordenadas a^* y b^* y la saturación (C^*).

5.3.1. La concentración de extractos carotenoides de cocona y tumbo serrano necesarios para alcanzar las propiedades de color del helado de vainilla comercial.

Primero se determinó las propiedades de color de un helado comercial, según su rotulado indicaba presencia de tatrazina y esencia de vainilla.

Los resultados de las propiedades de color del helado de vainilla comercial se muestra en las tablas 21 y 22, además se ha incluido los datos de la tabla 19 y 20 que corresponden a las propiedades de color de los extractos de cáscaras de cocona y tumbo serrano respectivamente.

En las tablas 21 y 22, se puede observar que la coordenada b^* del helado comercial y del extracto de cocona al 0.4% y tumbo serrano al 0.1% tuvieron valores muy cercanos sin embargo en las otras propiedades presentaron diferencias significativas.

Tabla 21

Análisis colorimétrico de la muestra de helado de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona y una muestra de helado comercial de vainilla

Valores colorimétricos	Helado de crema de vainilla comercial	Extracto carotenoide (%)				Valor-P
		0.1	0.2	0.3	0.4	
L^*	44.11a±0.05	44.34b±0.01	43.88c±0.02	42.67d±0.05	41.73e±0.19	<0.0001
a^*	3.51a±0.02	0.96b±0.02	1.27c±0.01	2.15d±0.02	2.56e±0.03	<0.0001
b^*	14.14a±0.04	9.92b±0.02	12.40c±0.02	13.88d±0.06	14.17a±0.02	<0.0001

P. >0,05 no hay diferencias significativas.

Fuente: Datos propios

P. <0,05 hay diferencias significativas.

P. <0,01 hay diferencias altamente significativas.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Tabla 22

Análisis colorimétrico de la muestra de helado de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano y una muestra de helado comercial de vainilla

Valores colorimétricos	Helado de crema de vainilla comercial	Extracto carotenoide (%)				Valor-P
		0.02	0.06	0.1	0.2	
L*	44.11a±0.05	45.06b±0.19	44.46a±0.68	43.19c±0.10	39.65c±0.32	<0.0001
a*	3.51a±0.02	1.06b±0.02	2.13c±0.02	3.03d±0.02	4.24e±0.01	<0.0001
b*	14.14a±0.04	9.55b±0.01	11.98c±0.05	14.14a±0.02	14.96d±0.09	<0.0001

P. >0,05 no hay diferencias significativas.

Fuente: Datos propios

P. <0,05 hay diferencias significativas.

P. <0,01 hay diferencias altamente significativas.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Además se determinó la diferencia de color (ΔE^*) con el fin de conocer qué concentración de extracto podría reemplazar al colorante artificial, que genere un color similar al helado comercial (tartrazina). Según la tablas 23 y 24 se observan que el menor ΔE de los extractos de cocona y tumbo serrano fueron 0.3% y 0.1% respectivamente, esto significa que se podría utilizar estas concentraciones para reemplazar al colorante artificial. (Figuras 30 y 31).

Tabla 23

Diferencial de color de las muestras de helados de extracto carotenoide de cáscara de cocona y un helado de vainilla comercial

Diferencial de color	Extracto carotenoide (%)			
	0.1	0.2	0.3	0.4
ΔE^*	4.98±0.03	2.88±0.01	2.00±0.05	2.54±0.17

Fuente: Datos propios

Tabla 24

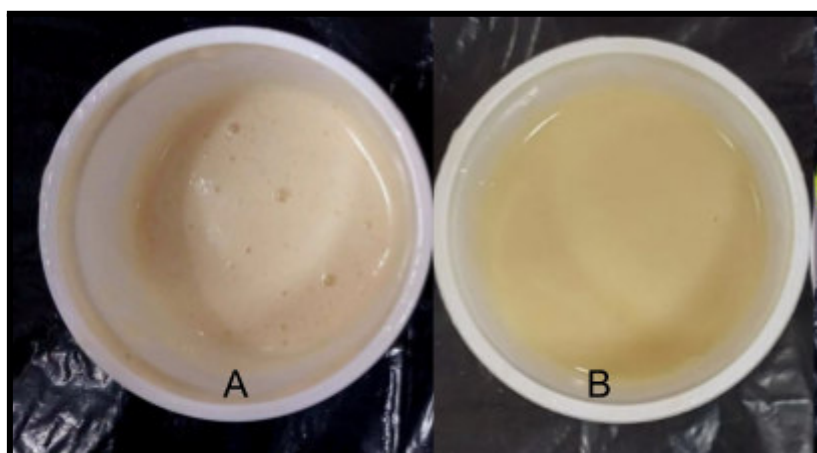
Diferencial de color de las muestras de helados de extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano y un helado de vainilla comercial

Diferencial de color	Extracto carotenoide (%)			
	0.02	0.06	0.1	0.2
ΔE^*	5.34±0.04	2.61±0.04	1.02±0.08	4.55±0.29

Fuente: Datos propios

Figura 30

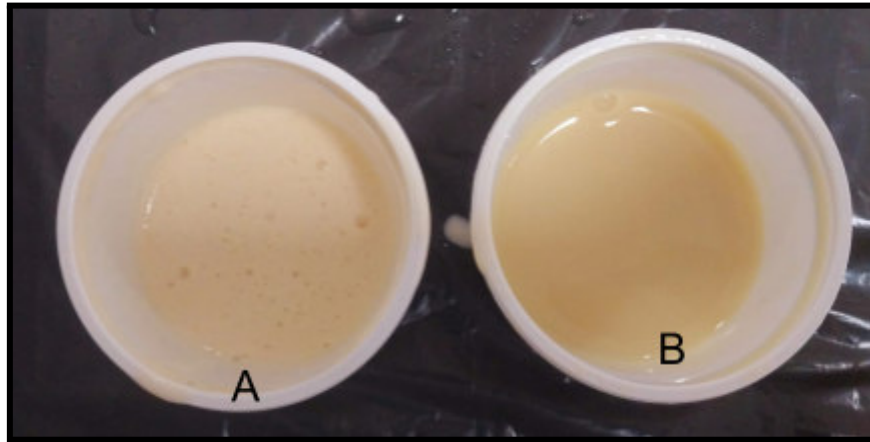
Muestras del helado comercial y helado de vainilla con 0.3% de extracto carotenoide de cáscara de cocona.



A: Helado comercial, B: 0.3 % extracto carotenoide de cáscara de cocona
Fuente: Propia

Figura 31

Muestras del helado comercial y helado de vainilla con 0.1% de extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano.



A: Helado comercial, B: 0.1 % extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano
Fuente: Propia

No basta considerar sólo un parámetro como la coordenada b^* que se mencionó anteriormente. La diferencial de color ΔE se calculó considerando los valores de L^* , a^* y b^* del espacio CIELab de las dos muestras de helados, es decir los 3 parámetros influyen en el color, pero el valor de L^* es decisivo para definir el color que percibe el ojo humano según Coll (2020).

Los resultados muestran que la diferencial de color del helado con extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano 0.1% y con el extracto carotenoide de cáscara de cocona 0.3% frente al helado comercial fue $\Delta E^* = 1.02$ y $\Delta E^* = 2.00$ respectivamente, estos valores se interpretan según Boscarol (2007), que la aceptabilidad general de las diferencias de color, con los valores de ΔE^* menores de 3 es aceptable, ΔE^* menores a 2 es mínimo y ΔE^* menor a 1 es imperceptible. Asimismo Ramírez 2010, indica que investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, valores de ΔE^* menores de 2.70 el ojo del ser humano no encuentra diferencias de color apreciables. Los ΔE^* del presente estudio recae en el rango de ser aceptables menores a 3.

Los resultados de ΔE fueron contrastados por el informe de Tesillo (2022), el cual comparó los zumos de naranja de 3 variedades con respecto a un zumo de calidad de naranja de Valencia presentando valores de $\Delta E = 5.29, 6.42, 4.16$, indicando que valores de ΔE entre 3.5 y 5, son diferenciables, mientras que los resultados del presente estudio los ΔE fueron aceptables. En tanto que Ruiz (2023), comparó nuña freído por diferentes aceites y tiempo con un snack de nuña industrializado, presentado ΔE entre 1.9 a 18.1, mencionando que valores ΔE menores a 3 la diferencia es mínima y ΔE mayores a 5 es perceptible; estos valores son similares al presente estudio.

Se utilizó mayor concentración de extracto carotenoides de cáscara de cocona a comparación del extracto de cáscara de tumbo, esto se debió a que el extracto de cáscara de tumbo serrano presenta mayor cantidad de betacarotenos como se muestra en la tabla 18.

Estos resultados de ΔE y parámetros de color CIELab permitieron determinar la cantidad de extractos carotenoides de cáscara de tumbo serrano y de cáscara de cocona en helados de crema, que podría reemplazar al colorante artificial presente en el helado comercial, pero consideramos que ambos colorantes tienen características y comportamientos estructurales diferentes y la aceptabilidad sensorial puede ser diferentes para ambos.

5.4. Efecto de la adición de extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona y tumbo serrano sobre la estabilidad de color en helados de crema.

La tabla 25 muestra la estabilidad de color para el extracto de cocona en 0, 5 y 10 días los resultados de ΔE presentaron diferencias significativas, pero se evidencia que el ΔE del día 5 con 0.3 % y 0.4 % no presentaron diferencias significativas.

La tabla 26 muestra la estabilidad de color para el extracto de tumbo serrano en 0, 5 y 10 días los resultados de ΔE presentaron diferencias significativas, pero se evidencia que el ΔE del día 5 con 0.1 % y 0.2 % no presentaron diferencias significativas.

Tabla 25

Diferencial de color de la muestra de helado de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona

Diferencial de color	Día	Extracto carotenoide (%)				Valor-P
		0.1	0.2	0.3	0.4	
ΔE^*	5	0.50a±0.03	0.88b±0.03	1.48c±0.04	1.44c±0.08	<0.0001
	10	0.70a±0.03	1.52b±0.01	2.45c±0.05	2.59d±0.06	<0.0001

P. >0,05 no hay diferencias significativas.

Fuente: Datos propios

P. <0,05 hay diferencias significativas.

P. <0,01 hay diferencias altamente significativas.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Tabla 26

Diferencial de color de la muestra de helado de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano

Diferencial de color	Día	Extracto carotenoide (%)				Valor-P
		0.02	0.06	0.1	0.2	
ΔE^*	5	1.01a±0.14	1.51b±0.09	1.83c±0.06	1.97c±0.05	<0.0001
	10	1.09a±0.05	1.99b±0.08	2.21c±0.02	2.87d±0.06	<0.0001

P. >0,05 no hay diferencias significativas.

Fuente: Datos propios

P. <0,05 hay diferencias significativas.

P. <0,01 hay diferencias altamente significativas.

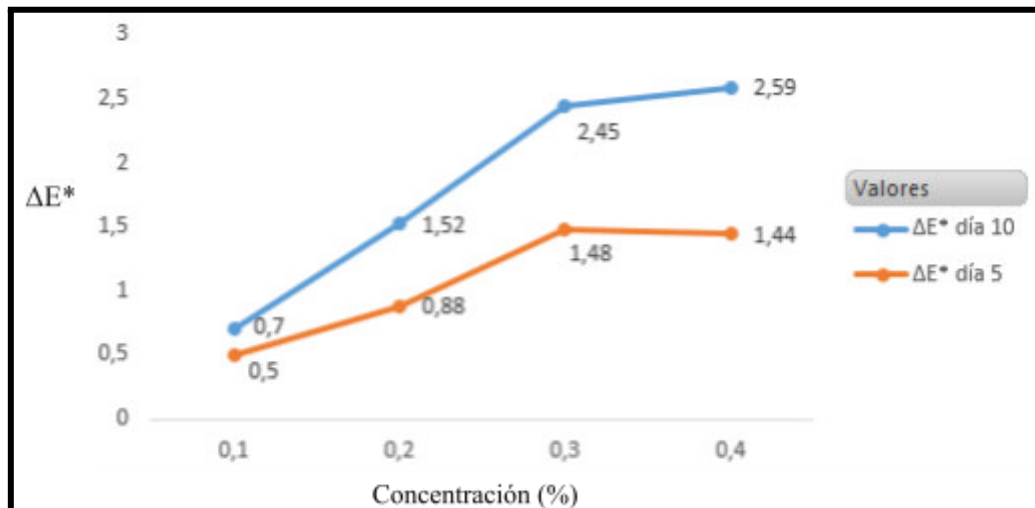
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

En la figura 32, la estabilidad de color de los helados con los extractos de cocona en el tiempo 5 y 10, varió la ΔE^* de 0.50 a 1.44 en el día 5 y de 0.70 a 2.59 en el día 10. Los datos adicionales se reportan en el anexo 21. En la figura 33, la estabilidad de color de los helados con los extractos de tumbo serrano en el tiempo 5 y 10, varió la ΔE^* de 1.01 a 1.97 en el día 5 y de 1.10 a 2.87 en el día 10. Los datos adicionales se reportan en el anexo 22.

En ambos casos a mayor concentración de extractos en helados de crema, presentaron diferencias de color mayor durante el tiempo 5 y 10.

Figura 32

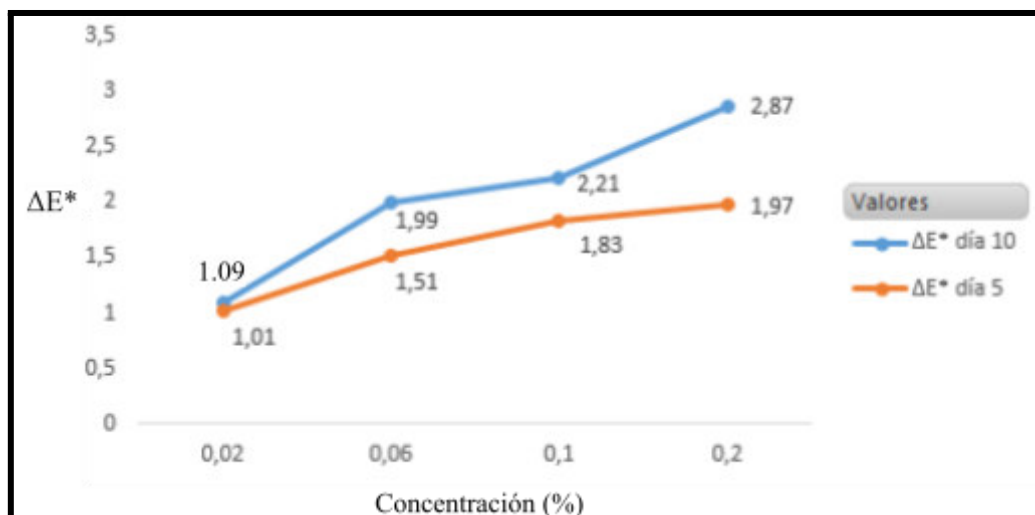
Estabilidad de color del helado con extracto de cocona en los días 5 y 10



Fuente: Elaboración propia

Figura 33

Estabilidad de color del helado con extracto de tumbo serrano en los días 5 y 10



Fuente: Elaboración propia

Los estudios de estabilidad de color fueron comparados por Lustre y Cabrera (2021), que evaluaron la estabilidad de color de fruta confitada adicionado colorante natural de

arándano al 20, 25 y 30 %, presentando una mayor diferencia de color en el día 30 la muestra con el 30 % de colorante.

Estos resultados fueron similares al presente estudio ya que tuvieron el mismo comportamiento, es decir a mayor concentración presentó mayor ΔE^* , esto se debería a que a mayor concentración de extractos se incrementó el color. Esta interpretación está sustentada por Astudillo (2009), los colores oscuros absorben la luz y no lo reflejan, siendo la luz una energía que es transformada en forma de calor, esto se valida por la ley de conservación de energía, que indica que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma, a comparación de los cuerpos blancos las cuales reflejan la totalidad de la luz y no se absorbe.

Mientras que Povis (2019), manifiesta que cuando los carotenoides se exponen fuertemente a la luz, se descomponen y forman componentes incoloros de peso molecular bajo. Las reacciones ocurridas son de gran importancia en la agroindustria porque, además de perder su función biológica como provitamina A, los carotenoides también disminuyen su color característico.

En nuestro caso, la descomposición de los pigmentos puede haber ocurrido durante la manipulación de los extractos (pesado, medición de color y almacenamiento de los extractos).

Los resultados del presente estudio evidencia y fundamenta la validez de la hipótesis específicas 3 y 4, es decir que la adición de extractos carotenoides obtenidos de las cáscaras de cocona y tumbo serrano si tienen efecto sobre la estabilidad de color en helados de crema, y se evidencia que a medida aumenta la concentración de extractos carotenoides aumenta la diferencial de color ΔE^* durante el tiempo.

5.4.1. Límites de tolerancia de diferencial de color (ΔE^*) de calidad de helados de crema adicionados extractos carotenoides de cáscaras de cocona y tumbo serrano.

La determinación de los límites de tolerancia de diferencial de color (ΔE^*) de calidad de helados de crema adicionados extractos carotenoides de cáscaras de cocona y tumbo

serrano se muestran en las tablas 27 y 28 respectivamente, además se ha incluido los datos de las tablas 25 y 26 que corresponden a la diferencial de color durante los días de los extractos de cáscaras de cocona y tumbo serrano respectivamente.

Se utilizó la norma ISO 12647-2:2016 descrito por Ruiz (2023), que indica los límites de tolerancia para la diferencial de color ΔE^* de calidad, siguiendo los siguientes parámetros:

- 1 = excelente
- 1 - 2 = buena
- 2 - 4 = normal
- 4 - 5 = suficiente
- >5= mala

Tabla 27

Determinación de los límites de tolerancia de diferencial de color (ΔE^) de calidad de helados de crema adicionados extractos carotenoides de cáscaras de cocona*

Muestra	%	Días	ΔE^*	Aceptabilidad*
Extracto carotenoide de cáscara de cocona	0.1	0 - 5	0.50±0.03	Excelente
		0 - 10	0.70±0.03	Excelente
	0.2	0 - 5	0.88±0.03	Excelente
		0 - 10	1.52±0.01	Buena
	0.3	0 - 5	1.48±0.04	Buena
		0 - 10	2.45±0.05	Normal
	0.4	0 - 5	1.44±0.08	Buena
		0 - 10	2.59±0.06	Normal

Fuente: Datos propios

* Aceptabilidad ΔE^* según la norma ISO 12647-2:2016 descrito por Ruiz (2023)

Tabla 28

Determinación de los límites de tolerancia de diferencial de color (ΔE^) de calidad de helados de crema adicionados extractos carotenoides de cáscaras de tumbo serrano*

Muestra	%	Días	ΔE^*	Aceptabilidad
Extracto carotenoides de cáscara de tumbo serrano	0.02	0 - 5	1.01±0.14	Buena
		0 - 10	1.09±0.05	Buena
	0.06	0 - 5	1.51±0.09	Buena
		0 - 10	1.99±0.08	Buena
	0.1	0 - 5	1.83±0.06	Buena
		0 - 10	2.21±0.02	Normal
	0.2	0 - 5	1.97±0.05	Buena
		0 - 10	2.87±0.06	Normal

Fuente: Datos propios

* Aceptabilidad ΔE^* según la norma ISO 12647-2:2016 descrito por Ruiz (2023)

La importancia de medir el ΔE^* fue sostenido por Montesino 2003, citado por Cosi 2020, indica valores de ΔE^* superior a 5 la diferencia percibida es inaceptable. Sin embargo, si el valor de ΔE^* es menor que 5, se puede considerar que existe una diferencia significativa y es relativamente aceptable. Si el valor ΔE es inferior a 2, la visión humana le resulta difícil percibirlo como una diferencia de color.

En el presente estudio la ΔE^* fue menor a 3 en todas las formulaciones hasta el día 10, cumpliendo con la clasificación de parámetros de calidad normal según la ISO 12647-2:2016.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VI.1. Conclusiones

- i. La adición de extracto carotenoide de cáscara de cocona tuvo efecto sobre las propiedades de color en helados de crema, a medida que aumentó la concentración de extractos desde 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3% y 0.4 % disminuyó significativamente la luminosidad (L^*) de 48.90 a 41.73 y el tono (h°) de 94.25° a 76.76°; y aumentaron los valores de las coordenadas a^* y b^* de -0.43 a 2.56, 5.77 a 14.17 respectivamente y la saturación (C^*) de 5.78 a 14.40.
- ii. La adición de extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano tuvo efecto sobre las propiedades de color en helados de crema, a medida que aumentó la concentración de extractos desde 0%, 0.02%, 0.06%, 0.1% y 0.2 % disminuyó significativamente la luminosidad (L^*) de 48.90 a 39.65 y el tono (h°) de 94.25° a 74.17°; y aumentaron los valores de las coordenadas a^* y b^* de -0.43 a 4.24, 5.77 a 14.96 respectivamente y la saturación (C^*) de 5.78 a 15.21.
- iii. La adición de extracto carotenoide de cáscara de cocona tuvo efecto sobre la estabilidad de color en helados de crema, a medida que aumentó la concentración de extractos desde 0.1%, 0.2%, 0.3% y 0.4 % aumentó la diferencial de color (ΔE^*) durante los días 5 y 10 de 0.50 a 1.44 y 0.70 a 2.59 respectivamente.
- iv. La adición de extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano tuvo efecto sobre la estabilidad de color en helados de crema, a medida que aumentó la concentración de extractos desde 0.02%, 0.06%, 0.1% y 0.2 % aumentó la diferencial de color (ΔE^*) durante los días 5 y 10 de 1.01 a 1.97 y 1.09 a 2.87 respectivamente.
- v. La adición de 0.1 % de extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano en helados de crema presentó propiedades de color $L^*=43.19$, $a^*=3.03$ y $b^*=14.14$; con una ΔE^*

= 1.02 comparado con un helado comercial. La estabilidad de color presentó $\Delta E^* = 2.21$ hasta el día 10 cumpliendo con la clasificación de parámetros de calidad. Esta concentración proporciona un color que podría reemplazar al colorante artificial que se añade al helado comercial.

- vi. La adición de 0.3 % de extracto carotenoide de cáscara de cocona en helados de crema presentó propiedades de color $L^* = 42.67$, $a^* = 2.15$ y $b^* = 13.88$; con una $\Delta E^* = 2.00$ comparado con un helado comercial. La estabilidad de color presentó una $\Delta E^* = 2.45$ hasta el día 10 cumpliendo con la clasificación de parámetros de calidad. Esta concentración proporciona un color que podría reemplazar al colorante artificial que se añade al helado comercial.

VI.2. Recomendaciones

- i. La estabilidad de color de los extractos carotenoides se podría determinar con un tiempo mas prolongado.
- ii. La adición de extractos carotenoides en los helados pueden generar descomposición se recomienda el uso de antioxidantes.
- iii. La concentración de carotenos en los extractos se puede evaluar mediante la técnica de HPLC y evaluar el perfil de los pigmentos carotenoides.
- iv. Realizar estudios de adición de estos extractos en otras matrices alimentarias oleosas.
- v. Realizar cuantificación de polifenoles y antioxidantes de los helados con extractos carotenoides de cáscara de cocona y tumbo serrano.
- vi. Realizar análisis microbiológico y toxicológico de los extractos y así poder comercializar.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Abrate, F. (2017). *Evaluación de la estabilidad en helados de crema utilizando diferentes tipos de proteínas*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Córdoba, Argentina]. Archivo digital.
https://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/1453/1/TM_AbrateDeco.pdf
- Agencia Agraria de Noticias. (2023, Marzo 01). Helados: Así avanza el consumo en el Perú y estas son las principales marcas que compiten en el mercado. *El comercio*.
<https://agraria.pe/noticias/helados-asi-avanza-el-consumo-en-el-peru-y-estas-son-las-pri-30998>
- Aguilar, A. (2020). *Obtención de carotenoides del pimentón (Capsicum annum L) y su uso como colorante natural en salchichas tipo coctel*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Archivo digital.
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/17050/1/27T00523.pdf>
- Aguirre, C. (2016). *Efecto de la adición de pulpa de lúcuma (Pouteria obovata) variedad seda sobre el color sensorial, color y firmeza instrumental y aceptabilidad general en muffins*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Archivo digital.
https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/2474/RE_IND.ALIM_CAROL.AGUIRRE_EFECTO.DE.LA.ADICION.DE.PULPA.DE.LUCUMA_DATO_S.PDF;jsessionid=F4EE64808BE03DDB7C80D19D51085B4D?sequence=1
- Anchivilca, S. (2019). *Formulación y caracterización de helados tipo sorbete a base de pulpa de tamarindo (Tamarindus indica L.) enriquecido con ácido ascórbico*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Marcos]. Archivo digital.
https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/15391/Anchivilca_vs.pdf?sequence=1

- Aparco, G. (2015). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de bebida a partir de tumbo (Passiflora mollissima), en la región Apurímac*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Archivo digital.
http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3334/1/TESIS%20IA264_Apa.pdf
- Astudillo, F. (2009). *Los materiales de construcción y su aporte al mejoramiento del confort térmico en viviendas periféricas de la ciudad de Loja*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador]. Archivo digital.
<https://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/1039>
- Barrón, O. (2021). *Estudio de la inactivación de la polifenol oxidasa de pulpa de mango tratada por calentamiento óhmico*. [Tesis de doctoral, Universidad Politécnico Nacional, México]. Archivo digital.
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/29969/Oscar%20Yael%20Barr%C3%B3n%20Garc%C3%ADa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Beltran, R. y Piedra, J. (2017). *Obtención de un colorante de maracuyá a partir de su corteza*. [Tesis de pregrado, Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano]. Archivo digital.
<http://hdl.handle.net/20.500.12010/2825>
- Bartolomé, A. (2013). *Formulación de betacaroteno en soluciones presurizadas de etanol - agua*. [Tesis de magíster, Universidad de Valladolid, España]. Archivo digital.
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/14840/TFM-I-41.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Berestan, D., Lagamma, P., & Lavagetto, C. (2010, Junio). Helado de verduras a base de leche de soja. *Sistema de información científica*, 13(24), 137 - 146.
<https://www.redalyc.org/pdf/877/87714453010.pdf>

- Boscarol, M. (2007). *El cálculo colorimétrico CIE 1976 de las diferencias de color*. Imagen Digital.
http://www.gusgsm.com/el_calculo_colorimetrico_cie_1976_de_las_diferencias_de_color
- Burgos, J. y Calderon, F. (2009). *Determinación del contenido de carotenoides totales en ocho especies de frutas y verduras comercializadas en la zona metropolitana de San Salvador*. [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. Archivo digital.
<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2545/1/16100674.pdf>
- Cabrera, J. y Lustre, J. (2021). *Evaluación de la concentración de colorante natural del arándano (*Vaccinium myrtillus*) en la elaboración de fruta confitada de la cáscara de sandía (*Citrullus lanatus*)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Archivo digital.
<https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/6912/TAI00191L99.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cafferata, P. (2017). *Efecto de diferentes bebidas en la estabilidad de color de las resinas convencionales y de grandes incrementos ("Bulk Fill")*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. Archivo digital.
https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/1368/Efecto_Cafferata_Montoya_Paola.pdf?sequence=1
- Carbajal Toribio, C., Balcazar de Ruiz, L., & INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONÍA PERUANA PROGRAMA BIODIVERSIDAD. (2011). In *Cultivo de Cocona* (p. 9).
<http://iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/M005.pdf>
- Carranco Jáuregui, M. E., Calvo Carillo, M. d. I. C., & Pérez - Gil Romo, F. (2011, septiembre). Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. *Archivos*

https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222011000300001

Casassa, F., & Sari, S. (2007, mayo-junio). Aplicación del sistema CEILab a los vinos tintos.

Correlación con algunos parámetros tradicionales. *Revista Enología*, (5).

<https://1library.co/document/yngk4wo0-aplicaci%C3%B3n-sistema-cie-vinos-tintos-correlaci%C3%B3n-par%C3%A1metros-tradicionales.html>

Castillo, G. (2006). *Extracción de colorante de col morada (Brassica oleraceae) para ser usado en la elaboración de una bebida*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Archivo digital.

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3331/1/P69%20Ref.2958.pdf>

Castillo, N. (2015). *Obtención de colorantes naturales de hortalizas para su uso en repostería. 2014*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Archivo digital.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10780/3/84T00430.pdf>

Castro, P. y Mendoza, S. (2021). *Evaluación de la obtención de colorante natural a partir del hollejo de uva (Vitis vinifera 'cabernet sauvignon') y la cáscara de mandarina (Citrus reticulata) para la aplicación en la industria alimentaria*. [Tesis de pregrado, Universidad de América, Bogotá]. Archivo digital.

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8648/1/6161908-2021-2-IQ.pdf>

Catalán, L. (2016). *Extracción y caracterización de β -caroteno obtenido de la cáscara de banano (Musa paradisiaca L.) evaluando el rendimiento de tres diferentes solventes de distinta polaridad para su utilización como colorante natural, a escala laboratorio*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital.

<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bc06a686-4ce5-4820-ac83-5dcb56a93788/content>

Centro de Investigación de Economía y Negocios Globales. (2023, Junio). *Colorantes Naturales: Evolución del mercado mundial y nacional*. Nota de Inteligencia Artificial. https://www.cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2023/06/CIEN_NSIM1_Junio_2023_Colorantes-naturales_RevGA.pdf

Chacón Villalobos, A., Pineda Castro, M. L., & Jiménez Goebel, C. (2016). Características físico-químicas y sensoriales de helados de leche caprina y bovina con grasa vegetal. *Agronomía Mesoamericana*, 27(1), 19-36. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/21875/22572>

Chamorro, H. (2017). *Efecto de la presión y temperatura en la extracción por CO₂ supercrítico de carotenoides de zanahoria (daucus carota)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Archivo digital. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNCP_0f290e5ad9340393dab363fef6f837db/Details

Chango Lescano, G. C., Mariuxi Flores, L., Puente Guijarro, C. A., & Dalgo Flores, V. M. (2019, Julio 25). Obtención del colorante natural a partir de Mortiño (*Vaccinium myrtillus* L.) para uso alimenticio. *Ciencia Digital*, 3(3.2), 72 - 83. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.2.716>

Coaquira, F. (2018). *Determinación de la concentración del colorante tartrazina (E-102) en papillas procesadas para bebés expandidas en la ciudad de Arequipa - 2017*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Archivo digital. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bc06a686-4ce5-4820-ac83-5dcb56a93788/content>

- Coba Carrera, R. L., Mariuxi Flores, L., Valverde Aguirre, P. E., & Llangari, K. G. S. (2019, Julio 25). Obtención del colorante natural de tuna (*Opuntia ficus-indica*). *Ciencia Digital*, 3(3.2), 232 - 240.
<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.2.729>
- Coba Carrera, R. L., Apolo Criollo, L. G., Segura Mestanza, J. H., & Brito Moina, H. L. (2019, Julio 25). Obtención del colorante natural del camote (*Ipomoea batatas*). *Ciencia Digital*, 3(3.2), 38 - 47.
<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.2.713>
- Coll Campmany, N. (2020). *Cuaderno del taller de color*.
<http://disseny.recursos.uoc.edu/materials/taller-color/es/>
- Conislla, L. (2020). *Elaboración de néctar de tumbo (*Passiflora mollissima*)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Luis Gonzaga"]. Archivo digital.
[content \(unica.edu.pe\)](http://content.unica.edu.pe)
- Córdova, R. (2017). *Carotenoides, color y actividad antioxidante en distintas variedades de sandía*. [Trabajo Fin de Grado Inédito, Universidad de Sevilla, España"]. Archivo digital.
<http://hdl.handle.net/11441/66377>
- Coronado Martín, J. Á. (23-jun-2023). *El color. Medición y aplicaciones*. UTN.
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14250>
- Cosi, R. (2020). *Evaluación de la pérdida de color en harina de lúcumo (*Pouteria lucuma* (R&P) Kuntze) durante el almacenamiento*. [Tesis de magister, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Archivo digital.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4478/cosi-cutipa-ru-ben-virgilio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Cristales, I. (2009). *Identificación de colorantes artificiales en refrescos de leche, empacados en envase tetra brick con sabor chocolate, fresa, vainilla y variedades, según normas COGUANOR NGO 34039 y NGO 34192, que se consumen en la ciudad capital*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital.
<https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QF1096.pdf>
- Dávila, L. (2020). *Efecto de diferentes concentraciones de ácido cítrico como antipardeante en cocona ecotipo III (Solanum sessiliflorum Dunal)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Archivo digital.
http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4200/UNU_AGROINDUSTRIA_S_2020_T_LEA-DAVILA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Dichiara, E. (2019). *Producción de carotenoides con capacidad antioxidante por Bacillus licheniformis RT4M10*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cuyo, Argentina]. Archivo digital.
<tesis-brom.-dichiara-elisa-2019.pdf> (uncu.edu.ar)
- Eras, J. (2013). *Determinación de parámetros técnicos para la elaboración de helados con frutas nativas del Cantón Loja*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja, Ecuador]. Archivo digital.
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5193/1/DETERMINACION%20DE%20PARAMETROS%20TECNICOS%20PARA.pdf>
- Espinoza, A. (2020). *Métodos de extracción de carotenoides de muestras vegetales*. [Tesis de pregrado, Universidad Complutense de Madrid, España]. Archivo digital.
<ALVARO ESPINOSA CALDERÓN.pdf>
- Espinoza, G. y Robles, P. (2021). *Efecto antibacteriano in vitro del extracto etanólico de la cáscara de Solanum sessiliflorum Dunal (cocona) frente a las cepas de Salmonella*

enteritidis y *Staphylococcus*. [Tesis de pregrado, Universidad María Auxiliadora].
Archivo digital.

<https://repositorio.uma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12970/644/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rubio Fernández, D., Barrera Flórez, N. A., Fonseca Buitrago, L. A., & Jaimes Baquero, C.

E. (2017, octubre 4). Aspectos teóricos de la extracción de carotenoides a partir de microalgas. *Semilleros Formación Investigativa*, 3(1), 35-48.

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6436/1/COL0046961-2017-1-IQ.pdf>

García, J. (2017). *Desarrollo de microencapsulados enriquecidos en carotenoides a partir de residuos de frutas tropicales para uso como colorantes naturales en alimentos*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia]. Archivo digital.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59901/TESIS.JULIANA.FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gebregziabher, B., Gebremeskel, H., Debesa, B., Ayalneh, D., Mitiku, T., Wendwessen, T., Habtemariam, E., Nur, S., & Getachew, T. (2023, diciembre). Carotenoids: Dietary sources, health functions, biofortification, marketing trend and affecting factors – A review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14.

<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100834>

González, A. (2016). *Evaluación de las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de untables naturales*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Estado de México]. Archivo digital.

[Tesis AMGC final-split-merge.pdf \(uaemex.mx\)](#)

- Guerrero, G. (2019). *Estudio preliminar para el análisis de metabolitos secundarios en cáscaras de agujas peruanos*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Archivo digital.
https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/15938/GUERRERO_PINEDO_GUILLERMO_ENRIQUE.pdf;sequence=4
- Gupioc, M. (2022). *Evaluación del contenido de polifenoles, carotenoides y actividad antioxidante en Passiflora tripartita var. Mollissima “pur pur” según lugar de procedencia y estado de maduración*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Archivo digital.
<https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/3125/Gupioc%20Jimenez%20Marleny%20Almendra.pdf?sequence=1>
- Gutarra, S., Satalaya, K. y Tapia, R. (2020). *Producción y comercialización de néctar de cocona en envase de tetra pack para Lima Metropolitana - distritos Miraflores y San Isidro*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Perú]. Archivo digital.
<https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/5352>
- Hidalgo, B. (2022). *Uso de colorantes alimentarios (artificiales y naturales y su impacto en la salud: revisión literaria*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador]. Archivo digital.
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/9714/1/Hidalgo%20O.%20Byron%20G.%20%282022%29%20Uso%20de%20colorantes%20alimentarios%20%28artificiales%20y%20naturales%29%20y%20su%20impacto%20en%20la%20salud%20revisi%20%b3n%20de%20la%20literatura.%20%282%29.pdf>
- Huamaní, C. (2022). *Elaboración de puré de tumbo serrano (Passiflora mollissima H.B.K.), maximizando la retención del ácido ascórbico*. [Tesis de magíster, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Archivo digital.

[huamani-salazar-cesar-joel.pdf \(lamolina.edu.pe\)](http://huamani-salazar-cesar-joel.pdf(lamolina.edu.pe))

Hurtado, R. y Ortiz, L. (2018). *Componentes fitoquímicos y capacidad antioxidante de cáscaras de frutas de mayor consumo en el Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Archivo digital.

[Hurtado_vr.pdf \(upc.edu.pe\)](http://Hurtado_vr.pdf(upc.edu.pe))

IMBAREX. (2023, Noviembre 22). *Colores Naturales*.

<https://imbarex.com/es/>

Ingold, M., Dapuetto, R., Lopez, G., & Porcal, W. (2016, enero). Educación química. *Scielo*, 27(1).

<https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.09.008>

Lee, K. C., Dretzke, J., Grover, L., & Logan, A. (2016, Diciembre). A systematic review of objective burn scar measurements. *BioMed Central*, 4(14).

https://www.researchgate.net/publication/305507237_A_systematic_review_of_objective_burn_scar_measurements

León, D. y Riveros, J. (2014). *Extracción y caracterización química de las pectinas de las cáscaras del maracuyá amarillo (Passiflora edulis, Var Flavicarpa degener), granadilla (Passiflora ligularis Juss) y tumbo serrano (Passiflora mollissima H.B.K Bailey)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]. Archivo digital.

http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/3606/Leon%20Mejia%20y%20Riveros%20Nones_titulo%20quimica_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

López Montañez, R. (2009, Mayo 23). Cultivos frutícolas con potencial de exportación para el valle Chillón. *Instituto Nacional de Innovación Agraria*.

https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/oficina_apoyo_enlace/cultivos_fruticolas_valle_chillon.pdf

- Madrid Úsuga, D., Urango Baquero, M. P., & Portacio Lamadrid, A. (2015, julio-diciembre). Propiedades volumétricas de soluciones acuosas de etanol y [Emim]+[CF₃SO₃]-a partir de datos de índice de refracción. *Revista Ciencia en Desarrollo*, 6(2), 231-240.
https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/3794/3339
- Martínez Cabetas, C., & Rico Martínez, L. (n.d.). Diccionario Técnico Akal de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. *Ediciones Akal, Madrid*, 518.
<https://issuu.com/edicionesakal/docs/catalogo-de-universidad>
- Meléndez Martínez, A., Vicario, I., & Heredia, F. (2004, Junio). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(2).
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200011
- Montero, G. (2007). *Evaluación del efecto de la proporción de banano y mango en las características físicas y sensoriales del helado mangonana*. [Tesis de pregrado, Universidad Zamorano, Honduras]. Archivo digital.
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/5e1cfc6f-75e4-451a-baea-313a2bb86025/content>
- Morales Hernández, Y., & Suarez Ospina, D. (2018, septiembre 7). Principios básicos de la cromatografía líquida de alto rendimiento para la separación y análisis de mezclas. *Revista Semilleros*, 4(1).
<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7731/1/6131978-2018-1-IQ.pdf>
- Ortiz, A. y Mamani, M. (2015). *Obtención del beta-caroteno a partir de la zanahoria y su aplicación en la industria alimenticia*. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. Archivo digital.
<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/9307>

Ortiz, F. (2002). *Procesamiento morfológico de imágenes de color: aplicación a la reconstrucción geodésica*. [Tesis doctoral, Universidad de Alicante, España]. Archivo digital.

<https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/10053#vpreview>

Otálora, C. (2019). *Evaluación de la capacidad colorante y de su estabilidad en subproductos del escaldado de Beta vulgaris L. var conditiva*. [Tesis de pregrado, Universidad de Buenos Aires, Argentina]. Archivo digital.

https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n6947_OtaloraGonzalez.pdf

Padrón Pereira, C. A., Padrón León, G. M., Montes Hernández, A. I., & Oropeza González, R. A. (2012, octubre 3). Determinación del color en epicarpio de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con sistema de visión computarizada durante la maduración. *Agronomía Costarricense*, 36(1), 97-111.

<https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v36n1/a08v36n1.pdf>

Panaifo, W. y Torrejón, J. (2017). *Estudio de mercado de productos chupetes shambo en la ciudad de Iquitos, período 2015*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Archivo digital.

https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/7969/Joy_Tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=1

Pau Talens, O. (2017-06-22). *Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB*. Universidad Politécnica de Valencia.

<https://riunet.upv.es/handle/10251/83392>

Perez, C. (2019). *Efecto de la proporción de pulpa de manzana: zumo de piña: extracto de zanahoria, en las características fisicoquímicas, contenido de compuestos fenólicos,*

olor y sabor de un batido funcional. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Archivo digital.

https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/4702/RE_ALI_CINTH_YA.PEREZ_EFECTO.PROPORCION.PULPA_DATOS.pdf;jsessionid=B055BFC70FD6770F3603AD1DF9ECB61B?sequence=1

Perez, T. (2016). *Formulación y caracterización de helados y sorbetes artesanales con adición de pulpa de tunas de colores*. [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Archivo digital.

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/150797/Formulacion-y-caracterizacion-de-helados-y-sorbetes-artesanales-con-adicion-de-pulpa-de-tunas-de-colores.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pichardo, L. y Zavala, W. (2013). *Metodología de extracción del colorante azul a partir de la cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa), para la elaboración de helados*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]. Archivo digital.

<http://hdl.handle.net/20.500.12952/1608>

Povis, K. (2019). *Determinación del contenido de carotenos de la harina de la cáscara de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) obtenida por secado*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Archivo digital.

<http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3895/000004146T-AGROINDUSTRIAS.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Ramírez Navas, J. S. (2010). Espectrocolorimetría en caracterización de leche y quesos.

https://www.researchgate.net/publication/257890462_Espectrocolorimetria_en_caracterizacion_de_leche_y_quesos

Ramírez Navas, J. S., Rengifo Velásquez, C. J., & Rubiano Vargas, A. (2015, septiembre 11).

Parámetros de calidad en helados. *ReCiTeIA*, 15(1).

https://www.researchgate.net/profile/Juan-Ramirez-Navas/publication/281939654_Parametros_de_calidad_en_helados_Quality_Parameters_of_Ice_Cream/links/55ffe95108aeafc8ac8bac80/Parametros-de-calidad-en-helados-Quality-Parameters-of-Ice-Cream.pdf?_sg%5B0%5D=st

Restrepo Gallego, M., Acosta Otálvaro, E. V., Ocampo Peláez, J. C., & Morales Monsalve, C. (2006, Julio). Sustitución de tartrazina por betacaroteno en la elaboración de bebidas no alcohólicas. *Revista Lasallista de Investigación*, 3(2), 7 - 12. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69530202.pdf>

Ramírez, G. (2022). *Análisis estadístico de dos poblaciones multivariadas para la comparación de gamas de color en la impresión flexográfica de etiquetas y empaques*. [Tesis de magíster, Universidad de Sonora División de Ingeniería, México]. Archivo digital. <http://www.repositorioinstitucional.uson.mx/bitstream/20.500.12984/6561/1/ramirezzamoraglorialucerom.pdf>

Reynoso, M. (2014). *Obtención de colorante a partir de la cáscara de berenjena Solanum melongena y su empleo en un producto láctico: yogurt*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Archivo digital. <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/120/BC-TES-3843.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rincón, A. M., Vásquez, M. A., & Padilla, F. C. (2005, Setiembre). Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 55(3). https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222005000300013&script=sci_arttext

Rodriguez Amaya, D., & Kimura, M. (2004). *HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis* (2nd ed.).

<https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08cbac5274a31e00013d4/tech02.pdf>

Rojas Romani, D. (2021, Julio). Aprovechamiento de los residuos del fruto *Passiflora tripartita* (M. R. Calixto Cotos & F. Suca Apaza, Eds.). *Scientia Agropecuaria*, 12(3).
<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.049>

Rojas, D. (2023). *Evaluación de los compuestos bioactivos, antioxidantes y actividad antimicrobiana de las semillas, pulpa y cáscara de Passiflora tripartita “tumbo serrano” en estado fresco y deshidratado*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Archivo digital.

Rojas-Garbanzo, C., A. M. Pérez, F. Vaillant y M. L. Pineda-Castro. (2016). Physicochemical and Antioxidant Composition of Fresh Peach Palm (*Bactris gasipaes* Brazilian *Journal of Food Technology*, 19 (1), 1-9
<http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.9715>

Rosillo, C. (2016). *Estudio de los principios bioactivos y obtención de colorantes naturales de la cáscara de Opuntia ficus - indica (L.) Miller “tuna”*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Archivo digital.
<https://core.ac.uk/download/pdf/323348762.pdf>

Ruiz, L. (2023). *Parámetros fisicoquímicos para la obtención de snack de nuña (Phaseolus vulgaris L.), sometidos a diferentes tiempos y tipos de aceite*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Archivo digital.
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5836/TESIS%20LEIDY%20JAMILETH%20RUIZ%20JARA.pdf?sequence=1>

Sangoquisa, D. (2023). *Obtención de colorante natural a partir de la cáscara de pitahaya roja aplicado en yogur*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Archivo digital.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/19099/1/27T00641.pdf>

Stivala, A. Pezzuchi, J & Anguio, M. (2014). *Nociones elementales del color. Propiedades, desaturación y uso simbólico*. [Apunte de cátedra].

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/77857/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Tesillo, M. (2022). *Análisis y caracterización colorimétrica de zumos de naranja por espectrofotometría de reflexión y transmisión*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Archivo digital.

https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/21763/TESILLO_QUISPE_MABEL_ANALISIS_CHARACTERIZACION_COLORIMETRICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Valdés-Restrepo, M.P., Delgado Ospina, J., Londoño- Hernández, L., Robert Augusto Rodríguez Restrepo, R.A. 2023. Sistema de medición del color como parámetro de calidad en la industria de alimentos. *Temas Agrarios* 28(1): 69-81.

<https://doi.org/10.21897/rta.v28i1.3200>

Vargas y Vargas, M. d. L., Figueroa Brito, H., Tamayo Cortez, J. A., Toledo López, V. M., Moo Huchin, V. M. (2019, julio - octubre). Aprovechamiento de cáscaras de frutas, análisis nutricional y compuestos bioactivos. *Dialnet*, 26(2).

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7069669>

Villegas, J. (2015). *Determinación de parámetros tecnológicos óptimos para la elaboración y conservación de pulpa de cocona (Sollanum sessiliflorum dunal) concentrada con la*

aplicación de método de factores combinados. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Martín - Tarapoto]. Archivo digital.

https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/531/1/TFAI_26.pdf

IX. ANEXOS

Anexo 1: Obtención de extractos carotenoides de las cáscaras de cocona y tumbo serrano.

A. Obtención del polvo de las cáscaras de cocona y tumbo serrano

Secado de las cáscaras de cocona y tumbo serrano



Triturado de las cáscaras secas de cocona y tumbo serrano



B. Obtención de extractos carotenoides de cáscaras de cocona y tumbo serrano

Maceración de las harinas de las cáscaras de cocona y tumbo serrano



Sonicado del extracto etanólico de las cáscaras de cocona y tumbo serrano



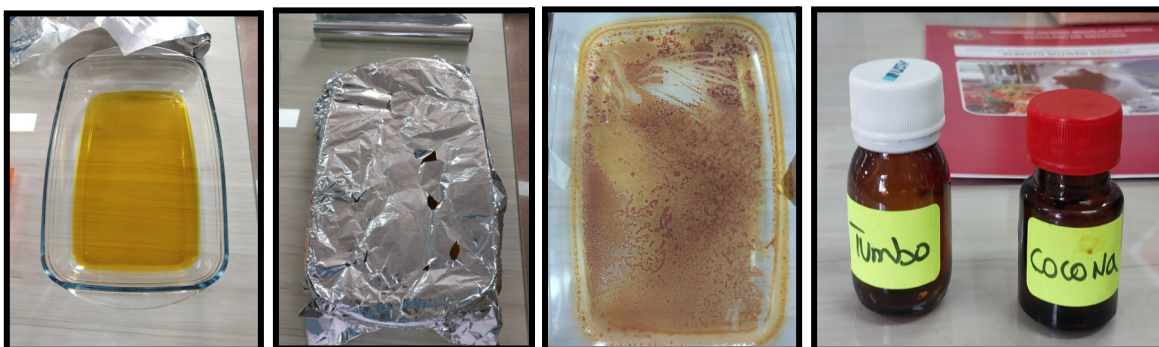
Agitación y filtrado del extracto etanólico de las cáscaras de cocona y tumbo serrano



Centrifugado de los sobrenadantes etanólicos de las cáscaras de cocona y tumbo serrano



Acondicionamiento de los extractos líquidos para su volatilización y su almacenamiento

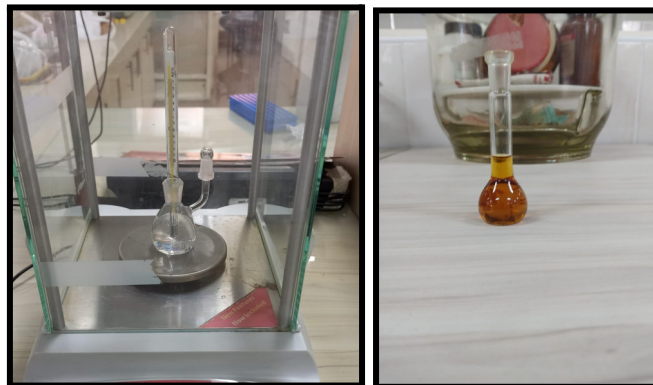


Anexo 2: Caracterización de los extractos obtenidos a partir de cáscaras.

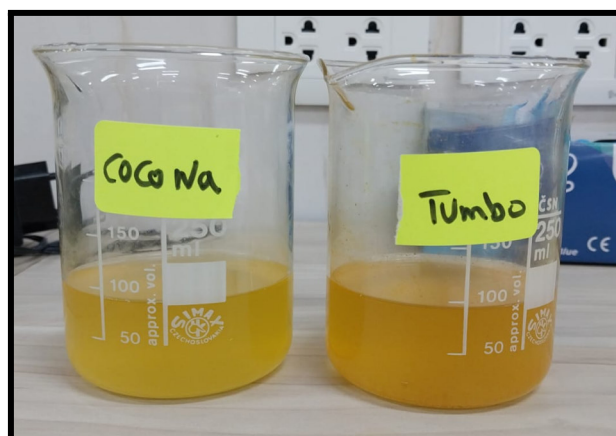
a. Grados Brix



b. Densidad



c. Color



Anexo 3: Preparación de helados de crema adicionados extractos carotenoides.

A. Proceso de elaboración de helado

1. Dosificación de los ingredientes



4. Licuado y agitación



2. Homogeneización



5. Maduración



3. Pasteurización



6. Batido

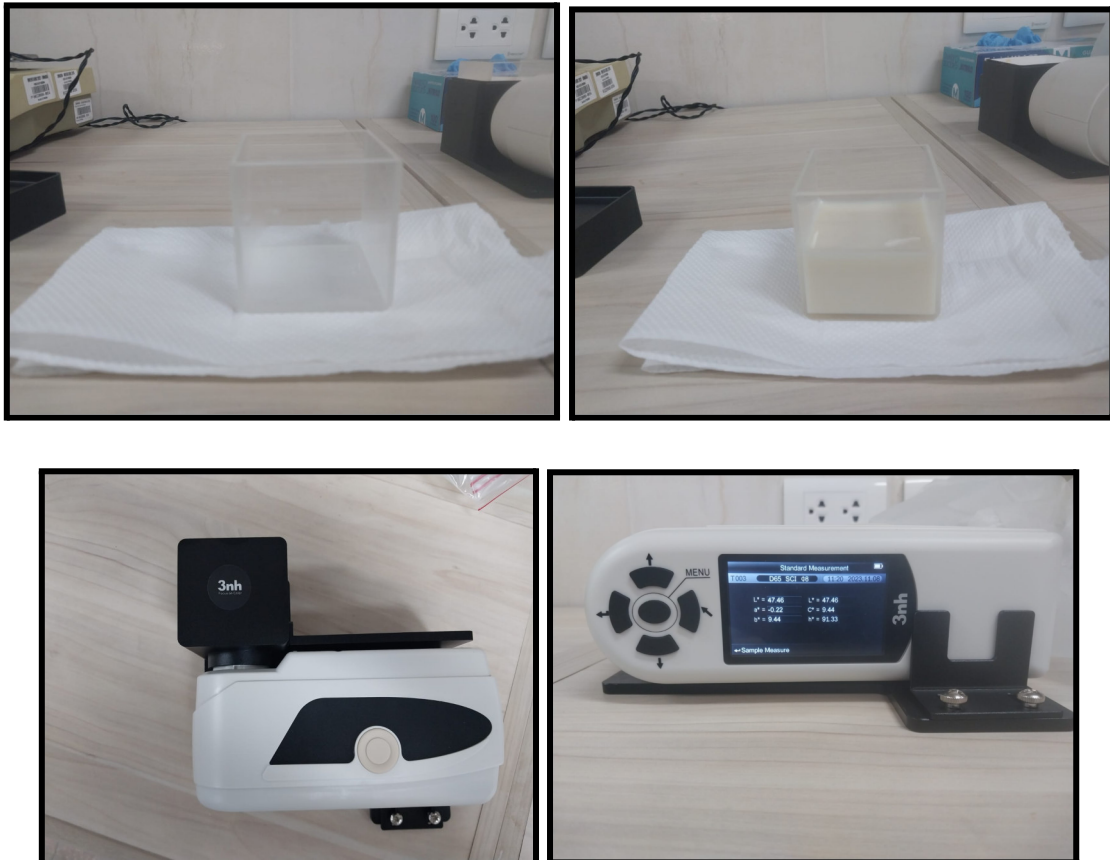


B. Adición de extractos carotenoides de cocona y tumbo serrano en los helados de crema para determinar las propiedades y estabilidad de color.

1. Adición del extracto carotenoides



2. Determinar las propiedades y estabilidad de color



Anexo 4: Estadística de colorimetría. Efecto de la luminosidad en helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona.

1. Resultados Experimentales

L	Concentración de carotenoides				
	0	0.1	0.2	0.3	0.4
L1	49.12	44.33	43.90	42.72	41.86
L2	48.79	44.35	43.87	42.65	41.82
L3	48.79	44.35	43.88	42.63	41.51

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para L por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	91.8242	4	22.956	1518.26	0.0000
Intra grupos	0.1512	10	0.01512		
Total (Corr.)	91.9754	14			

$P \leq 0,05$: presenta diferencias significativas

3. Resumen estadístico para L

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0	3	48.9	0.190526	0.389623%	48.79	49.12	0.33
0.1	3	44.3433	0.011547	0.02604%	44.33	44.35	0.02
0.2	3	43.8833	0.0152753	0.0348088%	43.87	43.9	0.03
0.3	3	42.6667	0.0472582	0.110761%	42.63	42.72	0.09
0.4	3	41.73	0.191572	0.459076%	41.51	41.86	0.35
Total	15	44.3047	2.56314	5.78525%	41.51	49.12	7.61

4. Pruebas de Múltiple Rangos para L por %

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0.4	3	41.73	X
0.3	3	42.6667	X
0.2	3	43.8833	X
0.1	3	44.3433	X
0	3	48.9	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 0.1	*	4.55667	0.223704
0 - 0.2	*	5.01667	0.223704
0 - 0.3	*	6.23333	0.223704
0 - 0.4	*	7.17	0.223704
0.1 - 0.2	*	0.46	0.223704
0.1 - 0.3	*	1.67667	0.223704
0.1 - 0.4	*	2.61333	0.223704
0.2 - 0.3	*	1.21667	0.223704
0.2 - 0.4	*	2.15333	0.223704
0.3 - 0.4	*	0.936667	0.223704

* indica una diferencia significativa.

Anexo 5: Estadística de colorimetría. Efecto de la coordenada a* en helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona.

1. Resultados Experimentales

a*	Concentración de carotenoides				
	0	0.1	0.2	0.3	0.4
a*1	-0.43	0.98	1.27	2.17	2.53
a*2	-0.44	0.97	1.28	2.16	2.57
a*3	-0.42	0.95	1.27	2.13	2.58

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para a por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	16.2612	4	4.06529	13550.98	0.0000
Intra grupos	0.003	10	0.0003		
Total (Corr.)	16.2642	14			

P≤0,05:presenta diferencias significativas

3. Resumen estadístico para a*

Resumen Estadístico para a

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0	3	-0.43	0.01	-2.32558%	-0.44	-0.42	0.02
0.1	3	0.966667	0.0152753	1.5802%	0.95	0.98	0.03
0.2	3	1.27333	0.0057735	0.453416%	1.27	1.28	0.01
0.3	3	2.15333	0.0208167	0.966718%	2.13	2.17	0.04
0.4	3	2.56	0.0264575	1.0335%	2.53	2.58	0.05
Total	15	1.30467	1.07783	82.6138%	-0.44	2.58	3.02

4. Pruebas de Múltiple Rangos para a* por %

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	3	-0.43	X
0.1	3	0.966667	X
0.2	3	1.27333	X
0.3	3	2.15333	X
0.4	3	2.56	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
0 - 0.1	*	-1.39667	0.0315107
0 - 0.2	*	-1.70333	0.0315107
0 - 0.3	*	-2.58333	0.0315107
0 - 0.4	*	-2.99	0.0315107
0.1 - 0.2	*	-0.306667	0.0315107
0.1 - 0.3	*	-1.18667	0.0315107
0.1 - 0.4	*	-1.59333	0.0315107
0.2 - 0.3	*	-0.88	0.0315107
0.2 - 0.4	*	-1.28667	0.0315107
0.3 - 0.4	*	-0.406667	0.0315107

* indica una diferencia significativa.

Anexo 6: Estadística de colorimetría. Efecto de la coordenada b* en helados de crema adicionado extracto carotenoides de cáscara de cocona.

1. Resultados Experimentales

b*	Concentración de carotenoides				
	0	0.1	0.2	0.3	0.4
b*1	5.82	9.94	12.42	13.93	14.18
b*2	5.74	9.92	12.40	13.82	14.15
b*3	5.74	9.90	12.39	13.89	14.19

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para b por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	145.88	4	36.4699	28944.36	0.0000
Intra grupos	0.0126	10	0.00126		
Total (Corr.)	145.892	14			

P≤0,05:presenta diferencias significativas

3. Resumen estadístico para b*

Resumen Estadístico para b

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0	3	5.76667	0.046188	0.800948%	5.74	5.82	0.08
0.1	3	9.92	0.02	0.201613%	9.9	9.94	0.04
0.2	3	12.4033	0.0152753	0.123154%	12.39	12.42	0.03
0.3	3	13.88	0.0556776	0.401136%	13.82	13.93	0.11
0.4	3	14.1733	0.0208167	0.146872%	14.15	14.19	0.04
Total	15	11.2287	3.22814	28.7491%	5.74	14.19	8.45

4. Pruebas de Múltiple Rangos para b* por %

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	3	5.76667	X
0.1	3	9.92	X
0.2	3	12.4033	X
0.3	3	13.88	X
0.4	3	14.1733	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 0.1	*	-4.15333	0.0645777
0 - 0.2	*	-6.63667	0.0645777
0 - 0.3	*	-8.11333	0.0645777
0 - 0.4	*	-8.40667	0.0645777
0.1 - 0.2	*	-2.48333	0.0645777
0.1 - 0.3	*	-3.96	0.0645777
0.1 - 0.4	*	-4.25333	0.0645777
0.2 - 0.3	*	-1.47667	0.0645777
0.2 - 0.4	*	-1.77	0.0645777
0.3 - 0.4	*	-0.293333	0.0645777

* indica una diferencia significativa.

Anexo 7: Estadística de colorimetría. Efecto de la saturación (C*) en helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona.

1. Resultados Experimentales

C*	Concentración de carotenoides				
	0	0.1	0.2	0.3	0.4
C*1	5.84	9.99	12.48	14.10	14.40
C*2	5.75	9.97	12.47	13.99	14.38
C*3	5.75	9.95	12.45	14.05	14.42

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para C por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	152.248	4	38.0619	28124.59	0.0000
Intra grupos	0.0135333	10	0.00135333		
Total (Corr.)	152.261	14			

P≤0,05:presenta diferencias significativas

3. Resumen estadístico para C*

Resumen Estadístico para C

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0	3	5.78	0.0519615	0.898988%	5.75	5.84	0.09
0.1	3	9.97	0.02	0.200602%	9.95	9.99	0.04
0.2	3	12.4667	0.0152753	0.122529%	12.45	12.48	0.03
0.3	3	14.0467	0.0550757	0.392091%	13.99	14.1	0.11
0.4	3	14.4	0.02	0.138889%	14.38	14.42	0.04
Total	15	11.3327	3.29785	29.1004%	5.75	14.42	8.67

4. Pruebas de Múltiple Rangos para C* por %

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	3	5.78	X
0.1	3	9.97	X
0.2	3	12.4667	X
0.3	3	14.0467	X
0.4	3	14.4	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
0 - 0.1	*	-4.19	0.0669268
0 - 0.2	*	-6.68667	0.0669268
0 - 0.3	*	-8.26667	0.0669268
0 - 0.4	*	-8.62	0.0669268
0.1 - 0.2	*	-2.49667	0.0669268
0.1 - 0.3	*	-4.07667	0.0669268
0.1 - 0.4	*	-4.43	0.0669268
0.2 - 0.3	*	-1.58	0.0669268
0.2 - 0.4	*	-1.93333	0.0669268
0.3 - 0.4	*	-0.353333	0.0669268

* indica una diferencia significativa.

Anexo 8: Estadística de colorimetría. Efecto del tono en helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona.

1. Resultados Experimentales

h ^{o*}	Concentración de carotenoides				
	0	0.1	0.2	0.3	0.4
h ^o *1	94.24	84.36	84.16	81.14	79.88
h ^o *2	94.35	84.42	84.11	81.12	79.70
h ^o *3	94.17	84.52	84.15	81.28	79.70

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para h por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	385.292	4	96.323	14220.92	0.0000
Intra grupos	0.0677333	10	0.00677333		
Total (Corr.)	385.36	14			

P≤0,05:presenta diferencias significativas

3. Resumen estadístico para h^{o*}

Resumen Estadístico para h

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0	3	94.2533	0.0907377	0.09627%	94.17	94.35	0.18
0.1	3	84.4333	0.080829	0.0957312%	84.36	84.52	0.16
0.2	3	84.14	0.0264575	0.0314446%	84.11	84.16	0.05
0.3	3	81.18	0.087178	0.107388%	81.12	81.28	0.16
0.4	3	79.76	0.103923	0.130295%	79.7	79.88	0.18
Total	15	84.7533	5.24649	6.19031%	79.7	94.35	14.65

4. Pruebas de Múltiple Rangos para h^{o*} por %

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0.4	3	79.76	X
0.3	3	81.18	X
0.2	3	84.14	X
0.1	3	84.4333	X
0	3	94.2533	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 0.1	*	9.82	0.149727
0 - 0.2	*	10.1133	0.149727
0 - 0.3	*	13.0733	0.149727
0 - 0.4	*	14.4933	0.149727
0.1 - 0.2	*	0.293333	0.149727
0.1 - 0.3	*	3.25333	0.149727
0.1 - 0.4	*	4.67333	0.149727
0.2 - 0.3	*	2.96	0.149727
0.2 - 0.4	*	4.38	0.149727
0.3 - 0.4	*	1.42	0.149727

* indica una diferencia significativa.

Anexo 9: Estadística de colorimetría. Efecto de la luminosidad en helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano.

1. Resultados Experimentales

L	Concentración de carotenoides				
	0	0.02	0.06	0.1	0.2
L1	46.47	45.28	44.25	43.29	40.02
L2	46.33	44.98	44.10	43.17	39.5
L3	46.32	44.92	44.04	43.10	39.44

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para a por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	78.6204	4	19.6551	158.45	0.0000
Intra grupos	1.24047	10	0.124047		
Total (Corr.)	79.8609	14			

P≤0,05:presenta diferencias significativas

3. Resumen estadístico para L

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0	3	46.3733	0.083865	0.180847%	46.32	46.47	0.15
0.02	3	45.06	0.192873	0.428036%	44.92	45.28	0.36
0.06	3	44.4633	0.681934	1.5337%	44.04	45.25	1.21
0.1	3	43.1867	0.0960902	0.2225%	43.1	43.29	0.19
0.2	3	39.6533	0.318957	0.804363%	39.44	40.02	0.58
Total	15	43.7473	2.38838	5.45948%	39.44	46.47	7.03

4. Pruebas de Múltiple Rangos para L por %

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0.2	3	39.6533	X
0.1	3	43.1867	X
0.06	3	44.4633	X
0.02	3	45.06	X
0	3	46.3733	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
0 - 0.02	*	1.31333	0.640752
0 - 0.06	*	1.91	0.640752
0 - 0.1	*	3.18667	0.640752
0 - 0.2	*	6.72	0.640752
0.02 - 0.06		0.596667	0.640752
0.02 - 0.1	*	1.87333	0.640752
0.02 - 0.2	*	5.40667	0.640752
0.06 - 0.1	*	1.27667	0.640752
0.06 - 0.2	*	4.81	0.640752
0.1 - 0.2	*	3.53333	0.640752

* indica una diferencia significativa.

Anexo 10: Estadística de colorimetría. Efecto de la coordenada a* en helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano.

1. Resultados Experimentales

a*	Concentración de carotenoides				
	0	0.02	0.06	0.1	0.2
a*1	-0.43	1.06	2.15	3.02	4.23
a*2	-0.44	1.05	2.12	3.03	4.25
a*2	-0.42	1.08	2.11	3.05	4.24

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para a por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	38.6503	4	9.66258	43920.83	0.0000
Intra grupos	0.0022	10	0.00022		
Total (Corr.)	38.6525	14			

P<0,05:presenta diferencias significativas

3. Resumen estadístico para a*

Resumen Estadístico para a

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0	3	-0.43	0.01	-2.32558%	-0.44	-0.42	0.02
0.02	3	1.06333	0.0152753	1.43654%	1.05	1.08	0.03
0.06	3	2.12667	0.0208167	0.97884%	2.11	2.15	0.04
0.1	3	3.03333	0.0152753	0.50358%	3.02	3.05	0.03
0.2	3	4.24	0.01	0.235849%	4.23	4.25	0.02
Total	15	2.00667	1.66159	82.8037%	-0.44	4.25	4.59

4. Pruebas de Múltiple Rangos para a* por %

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	3	-0.43	X
0.02	3	1.06333	X
0.06	3	2.12667	X
0.1	3	3.03333	X
0.2	3	4.24	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 0.02	*	-1.49333	0.0269842
0 - 0.06	*	-2.55667	0.0269842
0 - 0.1	*	-3.46333	0.0269842
0 - 0.2	*	-4.67	0.0269842
0.02 - 0.06	*	-1.06333	0.0269842
0.02 - 0.1	*	-1.97	0.0269842
0.02 - 0.2	*	-3.17667	0.0269842
0.06 - 0.1	*	-0.906667	0.0269842
0.06 - 0.2	*	-2.11333	0.0269842
0.1 - 0.2	*	-1.20667	0.0269842

* indica una diferencia significativa.

Anexo 11: Estadística de colorimetría. Efecto de la coordenada b* en helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano.

1. Resultados Experimentales

b*	Concentración de carotenoides				
	0	0.02	0.06	0.1	0.2
b*1	5.82	9.55	11.92	14.14	15.06
b*2	5.74	9.55	12.00	14.15	14.93
b*2	5.74	9.54	12.02	14.12	14.88

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para b por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	166.709	4	41.6773	15064.07	0.0000
Intra grupos	0.0276667	10	0.00276667		
Total (Corr.)	166.737	14			

P≤0,05:presenta diferencias significativas

3. Resumen estadístico para b*

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0	3	5.76667	0.046188	0.800948%	5.74	5.82	0.08
0.02	3	9.54667	0.0057735	0.0604766%	9.54	9.55	0.01
0.06	3	11.98	0.052915	0.441695%	11.92	12.02	0.1
0.1	3	14.1367	0.0152753	0.108054%	14.12	14.15	0.03
0.2	3	14.9567	0.0929157	0.621233%	14.88	15.06	0.18
Total	15	11.2773	3.45105	30.6017%	5.74	15.06	9.32

4. Pruebas de Múltiple Rangos para b* por %

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 0.02	*	-3.78	0.0956921
0 - 0.06	*	-6.21333	0.0956921
0 - 0.1	*	-8.37	0.0956921
0 - 0.2	*	-9.19	0.0956921
0.02 - 0.06	*	-2.43333	0.0956921
0.02 - 0.1	*	-4.59	0.0956921
0.02 - 0.2	*	-5.41	0.0956921
0.06 - 0.1	*	-2.15667	0.0956921
0.06 - 0.2	*	-2.97667	0.0956921
0.1 - 0.2	*	-0.82	0.0956921

* indica una diferencia significativa.

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	3	5.76667	X
0.02	3	9.54667	X
0.06	3	11.98	X
0.1	3	14.1367	X
0.2	3	14.9567	X

Anexo 12: Estadística de colorimetría. Efecto de la saturación en helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo serrano.

1. Resultados Experimentales

C*	Concentración de carotenoides				
	0	0.02	0.06	0.1	0.2
C*1	5.84	9.61	12.11	14.46	15.64
C*2	5.75	9.61	12.19	14.47	15.52
C*2	5.75	9.60	12.20	14.45	14.47

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para C por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	177.774	4	44.4435	529.64	0.0000
Intra grupos	0.839133	10	0.0839133		
Total (Corr.)	178.613	14			

P≤0,05: presenta diferencias significativas

3. Resumen estadístico para C*

Resumen Estadístico para C

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0	3	5.78	0.0519615	0.898988%	5.75	5.84	0.09
0.02	3	9.60667	0.0057735	0.0600989%	9.6	9.61	0.01
0.06	3	12.1667	0.0493288	0.405442%	12.11	12.2	0.09
0.1	3	14.46	0.01	0.0691563%	14.45	14.47	0.02
0.2	3	15.21	0.643661	4.23183%	14.47	15.64	1.17
Total	15	11.4447	3.57184	31.2097%	5.75	15.64	9.89

4. Pruebas de Múltiple Rangos para C* por %

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	3	5.78	X
0.02	3	9.60667	X
0.06	3	12.1667	X
0.1	3	14.46	X
0.2	3	15.21	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 0.02	*	-3.82667	0.527003
0 - 0.06	*	-6.38667	0.527003
0 - 0.1	*	-8.68	0.527003
0 - 0.2	*	-9.43	0.527003
0.02 - 0.06	*	-2.56	0.527003
0.02 - 0.1	*	-4.85333	0.527003
0.02 - 0.2	*	-5.60333	0.527003
0.06 - 0.1	*	-2.29333	0.527003
0.06 - 0.2	*	-3.04333	0.527003
0.1 - 0.2	*	-0.75	0.527003

* indica una diferencia significativa.

Anexo 13: Estadística de colorimetría. Efecto del tono en helados de crema adicionado extracto carotenoides de cáscara de tumbo serrano.

1. Resultados Experimentales

h ^{o*}	Concentración de carotenoides				
	0	0.02	0.06	0.1	0.2
h ^{o*} 1	94.24	83.67	79.77	77.94	74.31
h ^{o*} 2	94.35	87.73	79.98	77.91	74.11
h ^{o*} 2	94.17	83.54	80.04	77.81	74.10

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para h por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	723.559	4	180.89	158.03	0.0000
Intra grupos	11.4462	10	1.14462		
Total (Corr.)	735.005	14			

P≤0,05: presenta diferencias significativas

3. Resumen estadístico para h^{o*}

Resumen Estadístico para h

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0	3	94.2533	0.0907377	0.09627%	94.17	94.35	0.18
0.02	3	84.98	2.38246	2.80355%	83.54	87.73	4.19
0.06	3	79.93	0.141774	0.177373%	79.77	80.04	0.27
0.1	3	77.8867	0.0680686	0.0873944%	77.81	77.94	0.13
0.2	3	74.1733	0.118462	0.15971%	74.1	74.31	0.21
Total	15	82.2447	7.24571	8.80995%	74.1	94.35	20.25

4. Pruebas de Múltiple Rangos para h^{o*} por %

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0.2	3	74.1733	X
0.1	3	77.8867	X
0.06	3	79.93	X
0.02	3	84.98	X
0	3	94.2533	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
0 - 0.02	*	9.27333	1.94638
0 - 0.06	*	14.3233	1.94638
0 - 0.1	*	16.3667	1.94638
0 - 0.2	*	20.08	1.94638
0.02 - 0.06	*	5.05	1.94638
0.02 - 0.1	*	7.09333	1.94638
0.02 - 0.2	*	10.8067	1.94638
0.06 - 0.1	*	2.04333	1.94638
0.06 - 0.2	*	5.75667	1.94638
0.1 - 0.2	*	3.71333	1.94638

* indica una diferencia significativa.

Anexo 14: Estadística de colorimetría. Determinación de la L* del helado comercial comparado con helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona.

1. Resultados Experimentales

L	Concentración de carotenoides				
	Helado comercial	0	0.1	0.2	0.3
L1	44.08	44.33	43.90	42.72	41.86
L2	44.08	44.35	43.87	42.65	41.82
L3	44.17	44.35	43.88	42.63	41.51

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para L por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	14.8201	4	3.70503	441.08	0.0000
Intra grupos	0.084	10	0.0084		
Total (Corr.)	14.9041	14			

P≤0,05: presenta diferencias significativas

3. Resumen estadístico para L

Resumen Estadístico para L

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0	3	44.11	0.0519615	0.1178%	44.08	44.17	0.09
0.1	3	44.3433	0.011547	0.02604%	44.33	44.35	0.02
0.2	3	43.8833	0.0152753	0.0348088%	43.87	43.9	0.03
0.3	3	42.6667	0.0472582	0.110761%	42.63	42.72	0.09
0.4	3	41.73	0.191572	0.459076%	41.51	41.86	0.35
Total	15	43.3467	1.03179	2.38031%	41.51	44.35	2.84

4. Pruebas de Múltiple Rangos para L por %

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0.4	3	41.73	X
0.3	3	42.6667	X
0.2	3	43.8833	X
0	3	44.11	X
0.1	3	44.3433	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 0.1	*	-0.233333	0.166739
0 - 0.2	*	0.226667	0.166739
0 - 0.3	*	1.44333	0.166739
0 - 0.4	*	2.38	0.166739
0.1 - 0.2	*	0.46	0.166739
0.1 - 0.3	*	1.67667	0.166739
0.1 - 0.4	*	2.61333	0.166739
0.2 - 0.3	*	1.21667	0.166739
0.2 - 0.4	*	2.15333	0.166739
0.3 - 0.4	*	0.936667	0.166739

* indica una diferencia significativa.

Anexo 15: Estadística de colorimetría. Determinación de la coord a* del helado comercial comparado con helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona.

1. Resultados Experimentales

a*	Helado comercial	Concentración de carotenoides				
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	
a*1	3.53	0.98	1.27	2.17	2.53	
a*2	3.51	0.97	1.28	2.16	2.57	
a*3	3.50	0.95	1.27	2.13	2.58	

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para a por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	12.5387	4	3.13467	9595.92	0.0000
Intra grupos	0.00326667	10	0.000326667		
Total (Corr.)	12.5419	14			

P≤0,05:presenta diferencias significativas

3. Resumen estadístico para a*

Resumen Estadístico para a

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0	3	3.51333	0.0152753	0.434779%	3.5	3.53	0.03
0.1	3	0.966667	0.0152753	1.5802%	0.95	0.98	0.03
0.2	3	1.27333	0.0057735	0.453416%	1.27	1.28	0.01
0.3	3	2.15333	0.0208167	0.966718%	2.13	2.17	0.04
0.4	3	2.56	0.0264575	1.0335%	2.53	2.58	0.05
Total	15	2.09333	0.946495	45.2147%	0.95	3.53	2.58

4. Pruebas de Múltiple Rangos para a* por %

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0.1	3	0.966667	X
0.2	3	1.27333	X
0.3	3	2.15333	X
0.4	3	2.56	X
0	3	3.51333	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 0.1	*	2.54667	0.0328814
0 - 0.2	*	2.24	0.0328814
0 - 0.3	*	1.36	0.0328814
0 - 0.4	*	0.953333	0.0328814
0.1 - 0.2	*	-0.306667	0.0328814
0.1 - 0.3	*	-1.18667	0.0328814
0.1 - 0.4	*	-1.59333	0.0328814
0.2 - 0.3	*	-0.88	0.0328814
0.2 - 0.4	*	-1.28667	0.0328814
0.3 - 0.4	*	-0.406667	0.0328814

* indica una diferencia significativa.

Anexo 16: Estadística de colorimetría. Determinación de la coord b* del helado comercial comparado con helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de cocona.

1. Resultados Experimentales

b*	Helado comercial		Concentración de carotenoides			
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	
b*1	14.18	9.94	12.42	13.93	14.18	
b*2	14.14	9.92	12.40	13.82	14.15	
b*3	14.11	9.90	12.39	13.89	14.19	

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para b por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	39.764	4	9.94099	9204.62	0.0000
Intra grupos	0.0108	10	0.00108		
Total (Corr.)	39.7748	14			

P≤0,05: presenta diferencias significativas

3. Resumen estadístico para b*

Resumen Estadístico para b

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0	3	14.1433	0.0351188	0.248307%	14.11	14.18	0.07
0.1	3	9.92	0.02	0.201613%	9.9	9.94	0.04
0.2	3	12.4033	0.0152753	0.123154%	12.39	12.42	0.03
0.3	3	13.88	0.0556776	0.401136%	13.82	13.93	0.11
0.4	3	14.1733	0.0208167	0.146872%	14.15	14.19	0.04
Total	15	12.904	1.68554	13.0622%	9.9	14.19	4.29

4. Pruebas de Múltiple Rangos para b* por %

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0.1	3	9.92	X
0.2	3	12.4033	X
0.3	3	13.88	X
0	3	14.1433	X
0.4	3	14.1733	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 0.1	*	4.22333	0.0597874
0 - 0.2	*	1.74	0.0597874
0 - 0.3	*	0.263333	0.0597874
0 - 0.4		-0.03	0.0597874
0.1 - 0.2	*	-2.48333	0.0597874
0.1 - 0.3	*	-3.96	0.0597874
0.1 - 0.4	*	-4.25333	0.0597874
0.2 - 0.3	*	-1.47667	0.0597874
0.2 - 0.4	*	-1.77	0.0597874
0.3 - 0.4	*	-0.293333	0.0597874

* indica una diferencia significativa.

Anexo 17: Estadística de colorimetría. Determinación de la L* del helado comercial comparado con helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo.

1. Resultados Experimentales

L	Helado comercial				
	0	0.02	0.06	0.1	0.2
L1	44.08	45.28	44.25	43.29	40.02
L2	44.08	44.98	44.10	43.17	39.50
L3	44.17	44.92	44.04	43.10	39.44

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para L por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	53.1831	4	13.2958	408.93	0.0000
Intra grupos	0.325133	10	0.0325133		
Total (Corr.)	53.5082	14			

P<0,05:presenta diferencias significativas

3. Resumen estadístico para L

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0	3	44.11	0.0519615	0.1178%	44.08	44.17	0.09
0.02	3	45.06	0.192873	0.428036%	44.92	45.28	0.36
0.06	3	44.13	0.108167	0.245109%	44.04	44.25	0.21
0.1	3	43.1867	0.0960902	0.2225%	43.1	43.29	0.19
0.2	3	39.6533	0.318957	0.804363%	39.44	40.02	0.58
Total	15	43.228	1.955	4.52253%	39.44	45.28	5.84

4. Pruebas de Múltiple Rangos para L por %

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 0.02	*	-0.95	0.328041
0 - 0.06		-0.02	0.328041
0 - 0.1	*	0.923333	0.328041
0 - 0.2	*	4.45667	0.328041
0.02 - 0.06	*	0.93	0.328041
0.02 - 0.1	*	1.87333	0.328041
0.02 - 0.2	*	5.40667	0.328041
0.06 - 0.1	*	0.943333	0.328041
0.06 - 0.2	*	4.47667	0.328041
0.1 - 0.2	*	3.53333	0.328041

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0.2	3	39.6533	X
0.1	3	43.1867	X
0	3	44.11	X
0.06	3	44.13	X
0.02	3	45.06	X

* indica una diferencia significativa.

Anexo 18: Estadística de colorimetría. Determinación de la coord a* del helado comercial comparado con helados de crema adicionado extracto carotenoides de cáscara de tumbo.

1. Resultados Experimentales

a	Helado comercial	Concentración de carotenoides				
	0	0.02	0.06	0.1	0.2	
a*1	3.53	1.06	2.15	3.02	4.23	
a*2	3.51	1.05	2.12	3.03	4.25	
a*3	3.50	1.08	2.11	3.05	4.24	

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para a por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	18.3185	4	4.57963	18566.05	0.0000
Intra grupos	0.00246667	10	0.000246667		
Total (Corr.)	18.321	14			

P≤0,05: presenta diferencias significativas

3. Resumen estadístico para a*

Resumen Estadístico para a

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0	3	3.51333	0.0152753	0.434779%	3.5	3.53	0.03
0.02	3	1.06333	0.0152753	1.43654%	1.05	1.08	0.03
0.06	3	2.12667	0.0208167	0.97884%	2.11	2.15	0.04
0.1	3	3.03333	0.0152753	0.50358%	3.02	3.05	0.03
0.2	3	4.24	0.01	0.235849%	4.23	4.25	0.02
Total	15	2.79533	1.14396	40.9239%	1.05	4.25	3.2

4. Pruebas de Múltiple Rangos para a* por %

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0.02	3	1.06333	X
0.06	3	2.12667	X
0.1	3	3.03333	X
0	3	3.51333	X
0.2	3	4.24	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
0 - 0.02	*	2.45	0.0285728
0 - 0.06	*	1.38667	0.0285728
0 - 0.1	*	0.48	0.0285728
0 - 0.2	*	-0.726667	0.0285728
0.02 - 0.06	*	-1.06333	0.0285728
0.02 - 0.1	*	-1.97	0.0285728
0.02 - 0.2	*	-3.17667	0.0285728
0.06 - 0.1	*	-0.906667	0.0285728
0.06 - 0.2	*	-2.11333	0.0285728
0.1 - 0.2	*	-1.20667	0.0285728

* indica una diferencia significativa.

Anexo 19: Estadística de colorimetría. Determinación de la coord b* del helado comercial comparado con helados de crema adicionado extracto carotenoide de cáscara de tumbo.

1. Resultados Experimentales

b	Helado comercial		Concentración de carotenoides			
	0	0.02	0.06	0.1	0.2	
b*1	14.18	9.55	11.92	14.14	15.06	
b*2	14.14	9.55	12.00	14.15	14.93	
b*3	14.11	9.54	12.02	14.12	14.88	

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para b por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	58.1474	4	14.5369	5619.92	0.0000
Intra grupos	0.0258667	10	0.00258667		
Total (Corr.)	58.1733	14			

P≤0,05:presenta diferencias significativas

3. Resumen estadístico para b*

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0	3	14.1433	0.0351188	0.248307%	14.11	14.18	0.07
0.02	3	9.54667	0.0057735	0.0604766%	9.54	9.55	0.01
0.06	3	11.98	0.052915	0.441695%	11.92	12.02	0.1
0.1	3	14.1367	0.0152753	0.108054%	14.12	14.15	0.03
0.2	3	14.9567	0.0929157	0.621233%	14.88	15.06	0.18
Total	15	12.9527	2.03844	15.7376%	9.54	15.06	5.52

4. Pruebas de Múltiple Rangos para b* por %

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0.02	3	9.54667	X
0.06	3	11.98	X
0.1	3	14.1367	X
0	3	14.1433	X
0.2	3	14.9567	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 0.02	*	4.59667	0.0925269
0 - 0.06	*	2.16333	0.0925269
0 - 0.1		0.00666667	0.0925269
0 - 0.2	*	-0.813333	0.0925269
0.02 - 0.06	*	-2.43333	0.0925269
0.02 - 0.1	*	-4.59	0.0925269
0.02 - 0.2	*	-5.41	0.0925269
0.06 - 0.1	*	-2.15667	0.0925269
0.06 - 0.2	*	-2.97667	0.0925269
0.1 - 0.2	*	-0.82	0.0925269

* indica una diferencia significativa.

Anexo 20: ΔE^* entre los helados adicionados extractos carotenoides de las cáscaras de cocona y tumbo serrano.

1. Resultados experimentales

1.1. Luminosidad y coordenadas cromáticas

A. Día 0

Muestra	%	L*			a*			b*		
		R - 1	R - 2	R - 3	R - 1	R - 2	R - 3	R - 1	R - 2	R - 3
Cocona	0.1	44.33	44.35	44.35	0.98	0.97	0.95	9.94	9.92	9.9
	0.2	43.9	43.87	43.88	1.27	1.27	1.27	12.42	12.4	12.39
	0.3	42.72	42.65	42.63	2.17	2.16	2.13	13.93	13.82	13.89
	0.4	41.86	41.82	41.51	2.53	2.57	2.58	14.18	14.15	14.19
Tumbo serrano	0.02	45.28	44.98	44.92	1.06	1.05	1.08	9.55	9.55	9.54
	0.06	44.25	44.1	44.04	2.15	2.12	2.11	11.92	12	12.02
	0.1	43.29	43.17	43.1	3.02	3.03	3.05	14.14	14.15	14.12
	0.2	40.02	39.5	39.44	4.23	4.25	4.24	15.06	14.93	14.88

B. Día 5

Muestra	%	L*			a*			b*		
		R - 1	R - 2	R - 3	R - 1	R - 2	R - 3	R - 1	R - 2	R - 3
Cocona	0.1	44.78	44.79	44.77	0.76	0.74	0.76	9.81	9.82	9.79
	0.2	44.33	44.41	44.37	0.74	0.75	0.73	11.92	11.92	11.88
	0.3	43.22	43.33	43.38	1.31	1.27	1.26	12.87	12.89	12.89
	0.4	42.01	42	42	1.53	1.5	1.5	13.24	13.22	13.22
Tumbo serrano	0.02	45.57	45.67	45.62	0.38	0.31	0.32	9.14	9.15	9.15
	0.06	44.82	44.89	44.86	1.22	1.22	1.2	11.04	11.03	11.02
	0.1	43.37	43.36	43.38	2.21	2.21	2.18	12.57	12.5	12.48
	0.2	39.96	39.88	39.97	2.8	2.82	2.85	13.62	13.66	13.65

C. Día 10

Muestra	%	L*			a*			b*		
		R - 1	R - 2	R - 3	R - 1	R - 2	R - 3	R - 1	R - 2	R - 3
Cocona	0.1	44.91	44.91	44.89	0.6	0.58	0.58	9.74	9.78	9.76
	0.2	44.81	44.83	44.83	0.59	0.55	0.54	11.43	11.46	11.45
	0.3	44.36	44.44	44.38	0.94	0.94	0.93	12.69	12.6	12.67
	0.4	43.04	43.02	42.96	1.32	1.31	1.37	12.24	12.29	12.31
Tumbo serrano	0.02	45.81	45.71	45.57	0.26	0.29	0.31	9.13	9.12	9.11
	0.06	45.04	45.03	45.04	1.09	1.07	1.08	10.55	10.55	10.54
	0.1	44.04	43.91	43.9	1.98	2.02	1.99	12.35	12.3	12.36
	0.2	40.83	40.81	40.8	2.53	2.65	2.52	12.96	12.95	12.92

1.2. Diferencial de luminosidad y coordenadas cromáticas

A. Diferencial de luminosidad y coordenadas cromáticas en tiempo del día 5

Muestra	%	ΔL^*			Δa^*			Δb^*		
		R - 1	R - 2	R - 3	R - 1	R - 2	R - 3	R - 1	R - 2	R - 3
Cocona	0.1	0.45	0.44	0.42	0.22	0.23	0.19	0.13	0.1	0.11
	0.2	0.43	0.54	0.49	0.53	0.52	0.54	0.5	0.48	0.51
	0.3	0.5	0.68	0.75	0.86	0.89	0.87	1.06	0.93	1
	0.4	0.15	0.18	0.49	1	1.07	1.08	0.94	0.93	0.97
Tumbo serrano	0.02	0.29	0.69	0.7	0.68	0.74	0.76	0.41	0.4	0.39
	0.06	0.57	0.79	0.82	0.93	0.9	0.91	0.88	0.97	1
	0.1	0.08	0.19	0.28	0.81	0.82	0.87	1.57	1.65	1.64
	0.2	-0.06	0.38	0.53	1.43	1.43	1.39	1.44	1.27	1.23

B. Diferencial de luminosidad y coordenadas cromáticas en tiempo del día 10

Muestra	%	ΔL^*			Δa^*			Δb^*		
		R - 1	R - 2	R - 3	R - 1	R - 2	R - 3	R - 1	R - 2	R - 3
Cocona	0.1	0.58	0.56	0.54	0.38	0.39	0.37	0.2	0.14	0.14
	0.2	0.91	0.96	0.95	0.68	0.72	0.73	0.99	0.94	0.94
	0.3	1.64	1.79	1.75	1.23	1.22	1.2	1.24	1.22	1.22
	0.4	1.18	1.2	1.45	1.21	1.26	1.21	1.94	1.86	1.88
Tumbo serrano	0.02	0.53	0.73	0.65	0.8	0.76	0.77	0.42	0.43	0.43
	0.06	0.79	0.93	1	1.06	1.05	1.03	1.37	1.45	1.48
	0.1	0.75	0.74	0.8	1.04	1.01	1.06	1.79	1.85	1.76
	0.2	0.81	1.31	1.36	1.7	1.6	1.72	2.1	1.98	1.96
Betacaroteno	0.01	1.88	1.9	2.03	0.55	0.6	0.58	0.2	0.19	0.18

Anexo 21: Efecto de la estabilidad de color en helados de crema adicionado diferentes concentraciones de extractos de carotenoides de cáscara de cocona.

a. Día 5

1. Resultados Experimentales

Concentración de carotenoides	ΔE^*		
	R - 1	R - 2	R - 3
0.1 %	0.52	0.51	0.47
0.2 %	0.85	0.89	0.90
0.3 %	1.45	1.46	1.52
0.4 %	1.38	1.43	1.53

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para E por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.00436	3	0.668119	308.36	0.0000
Intra grupos	0.0173333	8	0.00216667		
Total (Corr.)	2.02169	11			

3. Resumen estadístico ΔE^*

Resumen Estadístico para E

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0.1	3	0.5	0.0264575	5.2915%	0.47	0.52	0.05
0.2	3	0.88	0.0264575	3.00654%	0.85	0.9	0.05
0.3	3	1.47667	0.0378594	2.56384%	1.45	1.52	0.07
0.4	3	1.44667	0.0763763	5.27947%	1.38	1.53	0.15
Total	12	1.07583	0.428708	39.8489%	0.47	1.53	1.06

4. Pruebas de Múltiple Rangos para ΔE^* por %

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0.1	3	0.5	X
0.2	3	0.88	X
0.4	3	1.44667	X
0.3	3	1.47667	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0.1 - 0.2	*	-0.38	0.0876419
0.1 - 0.3	*	-0.976667	0.0876419
0.1 - 0.4	*	-0.946667	0.0876419
0.2 - 0.3	*	-0.596667	0.0876419
0.2 - 0.4	*	-0.566667	0.0876419
0.3 - 0.4		0.03	0.0876419

* indica una diferencia significativa.

b. Día 10

1. Resultados Experimentales

Concentración de carotenoides	ΔE^*		
	R - 1	R - 2	R - 3
0.1 %	0.72	0.70	0.67
0.2 %	1.51	1.52	1.52
0.3 %	2.40	2.49	2.45
0.4 %	2.57	2.55	2.66

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para E por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7.0334	3	2.34447	1529.00	0.0000
Intra grupos	0.0122667	8	0.00153333		
Total (Corr.)	7.04567	11			

3. Resumen estadístico ΔE^*

Resumen Estadístico para E

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0.1	3	0.696667	0.0251661	3.61236%	0.67	0.72	0.05
0.2	3	1.51667	0.0057735	0.380671%	1.51	1.52	0.01
0.3	3	2.44667	0.0450925	1.84302%	2.4	2.49	0.09
0.4	3	2.59333	0.0585947	2.25943%	2.55	2.66	0.11
Total	12	1.81333	0.800322	44.1354%	0.67	2.66	1.99

4. Pruebas de Múltiple Rangos para ΔE^* por %

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0.1	3	0.696667	X
0.2	3	1.51667	X
0.3	3	2.44667	X
0.4	3	2.59333	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0.1 - 0.2	*	-0.82	0.0737282
0.1 - 0.3	*	-1.75	0.0737282
0.1 - 0.4	*	-1.89667	0.0737282
0.2 - 0.3	*	-0.93	0.0737282
0.2 - 0.4	*	-1.07667	0.0737282
0.3 - 0.4	*	-0.146667	0.0737282

* indica una diferencia significativa.

Anexo 22: Efecto de la estabilidad de color en helados de crema adicionado diferentes concentraciones de extractos de carotenoides de cáscara de tumbo serrano.

a. Día 5

1. Resultados Experimentales

Concentración de carotenoides	ΔE^*		
	R - 1	R - 2	R - 3
0.02 %	0.85	1.09	1.10
0.06 %	1.40	1.54	1.58
0.1 %	1.77	1.85	1.88
0.2 %	2.03	1.95	1.93

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para E por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.62829	3	0.542764	62.03	0.0000
Intra grupos	0.07	8	0.00875		
Total (Corr.)	1.69829	11			

3. Resumen estadístico ΔE^*

Resumen Estadístico para E

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0.02	3	1.01333	0.141539	13.9677%	0.85	1.1	0.25
0.06	3	1.50667	0.0945163	6.27321%	1.4	1.58	0.18
0.1	3	1.83333	0.0568624	3.10159%	1.77	1.88	0.11
0.2	3	1.97	0.052915	2.68604%	1.93	2.03	0.1
Total	12	1.58083	0.392925	24.8556%	0.85	2.03	1.18

5. Pruebas de Múltiple Rangos para ΔE^* por %

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0.02	3	1.01333	X
0.06	3	1.50667	X
0.1	3	1.83333	X
0.2	3	1.97	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0.02 - 0.06	*	-0.493333	0.176124
0.02 - 0.1	*	-0.82	0.176124
0.02 - 0.2	*	-0.956667	0.176124
0.06 - 0.1	*	-0.326667	0.176124
0.06 - 0.2	*	-0.463333	0.176124
0.1 - 0.2		-0.136667	0.176124

* indica una diferencia significativa.

b. Día 10

1. Resultados Experimentales

Concentración de carotenoides	ΔE^*		
	R - 1	R - 2	R - 3
0.02 %	1.05	1.12	1.10
0.06 %	1.90	2.02	2.06
0.1 %	2.20	2.23	2.20
0.2 %	2.82	2.86	2.94

2. Análisis de varianza

Tabla ANOVA para E por %

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4.88403	3	1.62801	530.87	0.0000
Intra grupos	0.0245333	8	0.00306667		
Total (Corr.)	4.90857	11			

3. Resumen estadístico ΔE^*

Resumen Estadístico para E

%	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0.02	3	1.09	0.0360555	3.30785%	1.05	1.12	0.07
0.06	3	1.99333	0.0832666	4.17726%	1.9	2.06	0.16
0.1	3	2.21	0.0173205	0.783733%	2.2	2.23	0.03
0.2	3	2.87333	0.061101	2.12649%	2.82	2.94	0.12
Total	12	2.04167	0.668007	32.7187%	1.05	2.94	1.39

4. Pruebas de Múltiple Rangos para ΔE^* por %

Método: 95.0 porcentaje LSD

%	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0.02	3	1.09	X
0.06	3	1.99333	X
0.1	3	2.21	X
0.2	3	2.87333	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0.02 - 0.06	*	-0.903333	0.104267
0.02 - 0.1	*	-1.12	0.104267
0.02 - 0.2	*	-1.78333	0.104267
0.06 - 0.1	*	-0.216667	0.104267
0.06 - 0.2	*	-0.88	0.104267
0.1 - 0.2	*	-0.663333	0.104267

* indica una diferencia significativa.